



**Diseño e implementación de prácticas de laboratorio para el entrenamiento en
redes industriales usando el sistema MAS-200 del laboratorio CIM**

Fonseca Rojano, Diego Javier y Loaiza Quinteros, Andrés David

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica,
Automatización y Control

Ing. Tipán Condolo, Edgar Fernando, MSc

09 de Febrero del 2022

Informe de Originalidad



Loaiza-Fonseca_Tesis.pdf

Scanned on: 0:3 February 9, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	374
Words with Minor Changes	201
Paraphrased Words	1018
Ommited Words	0

.....

Ing. Tipán Condolo, Edgar Fernando, MSc

C. C.: 171139131-6



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Diseño e implementación de prácticas de laboratorio para el entrenamiento en redes industriales usando el sistema MAS-200 del laboratorio CIM”** fue realizado por los señores **Fonseca Rojano, Diego Javier** y **Loaiza Quinteros Andrés David** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 09 de Febrero del 2022

.....
Ing. Tipán Condolo, Edgar Fernando, MSc

C. C.: 171139131-6



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Fonseca Rojano Diego Javier Y Loaiza Quinteros Andrés David**, con cédulas de ciudadanía n° 172396552-9 y n° 180484374-4, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de prácticas de laboratorio para el entrenamiento en redes industriales usando el sistema MAS-200 del laboratorio CIM**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 09 de Febrero 2022

Firma

Fonseca Rojano, Diego Javier

C.C.: 172396552-9

Firma

Loaiza Quinteros, Andrés David

C.C.: 180484374-4



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Fonseca Rojano Diego Javier Y Loaiza Quinteros Andrés David**, con cédulas de ciudadanía n° 172396552-9 y n° 180484374-4, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño e implementación de prácticas de laboratorio para el entrenamiento en redes industriales usando el sistema MAS-200 del laboratorio CIM**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 09 de Febrero del 2022

Firma

Fonseca Rojano, Diego Javier

C.C.: 172396552-9

Firma

Loaiza Quinteros, Andrés David

C.C.: 180484374-4

Dedicatoria

Dedicó este logro a mis padres, que me han brindado su apoyo incondicional durante mi vida universitaria, a mis hermanos que me han dado su apoyo y su fuerza para no darme por vencido en los momentos más difícil para nunca darme por vencido.

Diego Fonseca

A mi familia, por haberme acompañado a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, compartiendo alegrías, tristezas, triunfos y derrotas. A todos mis amigos que me han acompañado en esta etapa, aportando tanto a mi formación académica como de ser humano.

Andrés Loaiza

Agradecimiento

A mis padres, que, con su sacrificio y cariño, me han permitido convertirme en un mejor estudiante y sobretodo una mejor persona.

A mis hermanos, que me han brindado su apoyo y compañía a lo largo de mi esta etapa de mi vida. A mis amigos, por las experiencias vividas de alegrías y tristezas. Y finalmente, a mi tutor y compañero son parte esencial para la realización de este proyecto.

Diego Fonseca

En primer lugar y, sobre todo, a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad para concluir este proyecto. A mi madre que siempre supo aconsejarme, guiarme y sobre todo impulsarme a cumplir mis metas. Y finalmente, a mi tutor y compañero que han sido parte fundamental para la culminación de esta tesis.

Andrés Loaiza

Índice de Contenido

Informe de Originalidad.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenido	8
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras	15
Resumen	23
Abstract.....	24
Capítulo I	25
Introducción	25
Antecedentes	25
Justificación.....	26
Alcance	28
Objetivos	29
General.....	29
Específicos	29
Capítulo II Marco teórico	31
Redes de comunicación Industrial	31
Definición	31
Clasificación.....	31
Redes Industriales ODVA.....	32
Protocolo Industrial Común.....	33

	9
Arquitectura NetLinx	34
Descripción del CIP	49
Objetos	50
Protocolo de mensajería	51
Ruteo de mensajería CIP	52
MAS-200	53
MAS-201: Alimentación de la base con detección y expulsión de pieza incorrecta	53
MAS-202 - Colocación de tapa	54
MAS-203: Inserción del rodamiento.	55
MAS-204 - Colocación del eje.....	56
MAS-205: Traslado de piezas	57
Capitulo III Diseño e implementación	59
Especificaciones de los equipos y elementos de la red.	59
PLC's (Allen Bradley, ControlLogix 1756)	59
Módulo DeviceNet 1756 DNB.	61
Módulo Ethernet/IP 1756 EN2T	62
Módulo ControlNet 1756 CN2	64
Acoplador de bus de campo de E/S (Weidmüller, UR20-FBC-DN DeviceNet) ...	65
Fuentes 24v-2.5A (Omron, S8VK-G06024).....	67
Switch D-Link DES-3526.....	68
T-port Tap Connector (Omron, DCN1-3 T-Port DeviceNet).....	69
Software de Desarrollo	70
RSLink Classic.....	70
RSNetWorx.....	70
Studio5000.....	70

	10
FactoryTalk View Machine Edition	70
Práctica 1 Red de comunicación DeviceNet básica estación MAS-203.	70
Visión General	70
Esquema de la red.....	71
Diseño de la red DeviceNet-Ethernet.....	71
Implementación de la red Ethernet	72
Implementación de la red DeviceNet.....	79
Práctica 2 Red de comunicación Ethernet-DeviceNet sistema MAS-200.....	87
Visión General	87
Esquema de la red.....	87
Implementación de la red DeviceNet.....	91
Práctica 3 Red de comunicación Ethernet-DeviceNet usando modelo Productor-Consumidor sistema MAS-200	97
Visión General	97
Esquema de la red.....	97
Implementación de la red DeviceNet.....	101
Practica 4 Red de comunicación Ethernet-ControlNet-DeviceNet usando modelo Productor-Consumidor sistema MAS-200.....	109
Visión General	109
Esquema de la red.....	109
Implementación de la red ControlNet.....	111
Practica 5 Red de comunicación Ethernet-DeviceNet usando modelo mensajería CIP para las estaciones MAS-203 y MAS-205	126
Visión General	126
Esquema de la red.....	127

	11
Implementación de la red.....	127
Practica 6 Red de comunicación Ethernet-ControlNet-DeviceNet usando modelo mensajería CIP sistema MAS-200.....	132
Visión General	132
Esquema de la red.....	133
Capítulo IV Pruebas y Resultados.....	140
Pruebas de Hardware.....	140
Integridad física	140
Señales de entrada y salida.....	141
Pruebas Conectividad	142
Direccionamiento IP dispositivos enlazados Práctica 1.....	142
Verificación red DeviceNet Práctica 1.....	143
Direccionamiento IP dispositivos enlazados Práctica 2.....	144
Verificación red DeviceNet práctica 2.....	146
Direccionamiento IP dispositivos enlazados Práctica 3.....	147
Verificación red DeviceNet Práctica 3.....	149
Direccionamiento IP Práctica 5.....	150
Verificación red DeviceNet Práctica 5.....	150
Direccionamiento IP Práctica 4 y 6.....	150
Verificación red DeviceNet Práctica 4 y 6.....	151
Verificación red ControlNet Práctica 4 y 6.....	151
Monitoreo de las redes con el software RSNetWorx.....	152
Monitoreo red DeviceNet Práctica 1.....	152
Diagnóstico de red DeviceNet Práctica 1.....	152
Monitoreo red DeviceNet Práctica 2.....	153

	12
Diagnóstico de red DeviceNet Práctica 2.	155
Monitoreo y diagnóstico de la red DeviceNet Práctica 3.....	156
Monitoreo red ControlNet Práctica 4	160
Diagnóstico red ControlNet Práctica 4.	161
Pruebas de comunicación	161
Intercambio de datos Práctica 1.....	161
Intercambio de datos Práctica 2.....	162
Intercambio de datos Práctica 3.....	162
Intercambio de datos Práctica 4.....	166
Intercambio de datos Práctica 5.....	170
Intercambio de datos Práctica 6.....	173
Capítulo V Conclusiones y recomendaciones	176
Conclusiones.....	176
Recomendaciones.....	177
Fuentes Bibliográficas.....	178
Anexo 1. Diagramas de Flujo.	180
Anexo 2. Tabla de asignación de recursos.	180
Anexo 3. Guías de laboratorio.	180

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Características de la red DeviceNet</i>	36
Tabla 2 <i>Especificaciones técnicas PLC ControlLogix 1756</i>	59
Tabla 3 <i>Características módulo Ethernet 1756 EN2T</i>	63
Tabla 4 <i>Características módulo ControlNet 1756 CN2</i>	64
Tabla 5 <i>Especificaciones técnicas Weidmüller, UR20-FBC-DN</i>	66
Tabla 6 <i>Especificaciones técnicas fuente Omron, S8VK-G06024</i>	67
Tabla 7 <i>Especificaciones T-port Tap Connector Omron DCN1-3</i>	69
Tabla 8 <i>Direcciones IP y MAC</i>	79
Tabla 9 <i>Asignación de direcciones y mapeo de entradas y salidas de la estación MAS-203</i>	87
Tabla 10 <i>Direcciones IP y MAC de los dispositivos conectados a la red</i>	89
Tabla 11 <i>Asignación de direcciones y mapeo de entrada/salidas de cada módulo</i>	97
Tabla 12 <i>Direcciones IP y MAC</i>	100
Tabla 13 <i>Direcciones asignadas módulos ControlNet 1756 CN2</i>	112
Tabla 14 <i>Direcciones IP y MAC de los dispositivos conectados a la red</i>	127
Tabla 15 <i>Parámetros pruebas de integridad física</i>	141
Tabla 16 <i>Comprobación Entradas y Salidas</i>	142
Tabla 17 <i>Configuración dirección IP del PLC Estación 3</i>	142
Tabla 18 <i>Comprobación enlace entre PLC y computador</i>	143
Tabla 19 <i>Comprobación configuración dispositivos en la red DeviceNet</i>	144
Tabla 20 <i>Configuración dirección IP del PLC Estación 5</i>	144
Tabla 21 <i>Comprobación enlace entre PLC y HMI</i>	145
Tabla 22 <i>Comprobación configuración dispositivos en la red DeviceNet</i>	146
Tabla 23 <i>Configuración dirección IP del PLC Estación 5</i>	147
Tabla 24 <i>Configuración conexión entre PLC's y HMI</i>	148

Tabla 25 <i>Comprobación configuración correcta red DeviceNet</i>	150
Tabla 26 <i>Comprobación red ControlNet</i>	151
Tabla 27 <i>Dispositivos red DeviceNet Práctica 1</i>	152
Tabla 28 <i>Dispositivos de la red DeviceNet práctica 2</i>	153
Tabla 29 <i>Dispositivos Red ControlNet práctica 4</i>	160

Índice de Figuras

Figura 1 Niveles Red de comunicación Industrial.....	31
Figura 2 Familia de redes CIP.....	34
Figura 3 Ejemplo de una Red DeviceNet	38
Figura 4 Cable DeviceNet tipo redondo grueso.....	39
Figura 5 Cable DeviceNet tipo redondo delgado.....	39
Figura 6 Cable DeviceNet tipo plano.....	40
Figura 7 Conexión Punto a Punto	42
Figura 8 Conexión Multicast.....	42
Figura 9 Características señal ControlNet.....	43
Figura 10 Cable coaxial RG-6.....	44
Figura 11 Conector tipo BNC	44
Figura 12 Conector tipo RJ-45.....	44
Figura 13 Conector tipo TNC	45
Figura 14 T-tap BNC variante derecha y variante en ángulo recto.....	46
Figura 15 Tap tipo Y-Tap	46
Figura 16 Descripción resistencia de término.....	47
Figura 17 Cable tipo UTP.....	48
Figura 18 Cable tipo STP.....	49
Figura 19 Cable tipo coaxial.....	49
Figura 20 Modelo de objetos CIP.....	50
Figura 21 Esquema de direccionamiento CIP	51
Figura 22 Esquema de Conexión ID	52
Figura 23 Módulo MAS-201	54
Figura 24 Módulo MAS-202	55

	16
Figura 25 <i>Módulo MAS-203</i>	56
Figura 26 <i>Módulo MAS-204</i>	57
Figura 27 <i>Módulo MAS-205</i>	58
Figura 28 <i>PLC ControlLogix 5000 L71</i>	61
Figura 29 <i>Módulo DeviceNet 1756 DNB</i>	62
Figura 30 <i>Módulo Ethernet/IP 1756 EN2T</i>	63
Figura 31 <i>Módulo ControlNet 1756 CN2</i>	65
Figura 32 <i>Distribuidor de E/S Weidmüller UR-20</i>	66
Figura 33 <i>Fuente de alimentación Omron, S8VK-G06024</i>	68
Figura 34 <i>Switch D-Link DES-3526</i>	69
Figura 35 <i>Esquema de la red implementada</i>	71
Figura 36 <i>Configuración Driver Ethernet</i>	72
Figura 37 <i>Escoger tipo de driver Ethernet/IP</i>	73
Figura 38 <i>Poner en marcha el driver seleccionado</i>	73
Figura 39 <i>Escoger ajustes por defecto del driver</i>	74
Figura 40 <i>Driver Ethernet funcionando</i>	75
Figura 41 <i>Dispositivo vinculado</i>	75
Figura 42 <i>Configuración dirección IP al computador</i>	76
Figura 43 <i>Dispositivos vinculados a la red</i>	77
Figura 44 <i>Configuración del módulo</i>	77
Figura 45 <i>Configuración del puerto</i>	78
Figura 46 <i>Finalización de la configuración</i>	78
Figura 47 <i>IP asignada al dispositivo</i>	79
Figura 48 <i>Crear un nuevo archivo de configuración</i>	80
Figura 49 <i>Selección del tipo de configuración DeviceNet</i>	80

	17
Figura 50 <i>Modo online para escaneo de red</i>	81
Figura 51 <i>Selección de la ruta de comunicación</i>	81
Figura 52 <i>Dispositivos conectados a la red DeviceNet</i>	82
Figura 53 <i>Configuración general del módulo DeviceNet 1756 DNB</i>	83
Figura 54 <i>Carga o descarga de la configuración del módulo</i>	83
Figura 55 <i>Configuración del módulo</i>	84
Figura 56 <i>Dispositivos disponibles para Scanlist</i>	84
Figura 57 <i>Pestaña Scanlist</i>	85
Figura 58 <i>Parámetros de Entrada y Salida</i>	86
Figura 59 <i>Mapeo de Entradas y Salidas del módulo DeviceNet de la estación MAS-203</i>	86
Figura 60 <i>Esquema de la red implementada</i>	88
Figura 61 <i>Dirección IP del PLC de la estación MAS-205</i>	89
Figura 62 <i>Cable DeviceNet utilizado tipo delgado</i>	91
Figura 63 <i>Conectores para DeviceNet conexión por tornillo</i>	91
Figura 64 <i>Conexión de todos los distribuidores de E/S al T-Port Tap</i>	92
Figura 65 <i>Selección de la ruta de comunicación</i>	93
Figura 66 <i>Dispositivos conectados a la red DeviceNet</i>	93
Figura 67 <i>Configuración del módulo DeviceNet 1756 DNB</i>	94
Figura 68 <i>Pestaña Scanlist</i>	95
Figura 69 <i>Parámetros de Entrada y Salida</i>	95
Figura 70 <i>Datos de entrada y salida</i>	96
Figura 71 <i>Esquema de la red implementada</i>	98
Figura 72 <i>Asignación de la IP al switch usando PuTTY</i>	99
Figura 73 <i>Dispositivos conectados a la red DeviceNet</i>	102
Figura 74 <i>Configuración módulo 1756 DNB</i>	103

Figura 75 <i>Carga o descargar configuración módulo</i>	103
Figura 76 <i>Configuración módulo</i>	104
Figura 77 <i>Pestaña Scanlist</i>	104
Figura 78 <i>Parámetros de Entrada y Salida</i>	105
Figura 79 <i>Dispositivos conectados a la red DeviceNet</i>	106
Figura 80 <i>Variables producidas estación MAS-205</i>	107
Figura 81 <i>Variables consumidas estación MAS-205</i>	107
Figura 82 <i>Variables producidas Estación MAS-203</i>	108
Figura 83 <i>Variable consumida Estación MAS-203</i>	108
Figura 84 <i>Esquema de la red implementada</i>	109
Figura 85 <i>Cables y terminales de la red ControlNet implementada</i>	111
Figura 86 <i>Módulo ControlNet 1756 CNB</i>	112
Figura 87 <i>Eliminación módulos Studio 5000</i>	113
Figura 88 <i>Módulos a utilizarse</i>	114
Figura 89 <i>Agregar módulo Studio 5000</i>	115
Figura 90 <i>Selección del tipo de módulo</i>	115
Figura 91 <i>Configuración del módulo</i>	116
Figura 92 <i>Módulos de comunicación a utilizarse</i>	117
Figura 93 <i>Agregar módulo del controlador</i>	117
Figura 94 <i>Configuración módulo del controlador</i>	118
Figura 95 <i>Nuevos módulos agregados</i>	118
Figura 96 <i>Variables producidas Estación 5</i>	119
Figura 97 <i>Configuración variable consumida</i>	120
Figura 98 <i>Módulos a utilizarse Estación 1</i>	121
Figura 99 <i>Configurar variables consumida en Estación 1</i>	122

Figura 100 Configuración variable producida Estación 1.....	122
Figura 101 Pestaña de escaneo de dispositivos en la red.....	123
Figura 102 Menú “Browse for Network”.....	123
Figura 103 Escaneo de los dispositivos conectados a la red ControlNet.....	124
Figura 104 Dispositivos conectados a la red ControlNet.....	124
Figura 105 Ventana de error-Dispositivo en modo incorrecto.....	125
Figura 106 Ventana de propiedades del módulo.....	125
Figura 107 Ventana de acceso a los dispositivos por ControlNet.....	126
Figura 108 Esquema de la red implementada.....	127
Figura 109 Tags del MAS-205.....	128
Figura 110 Instrucción MSG.....	129
Figura 111 Variables para envío de información.....	129
Figura 112 Instrucciones para el envío de datos.....	130
Figura 113 Configuración del bloque de instrucción MSG.....	130
Figura 114 Ruta de comunicación Ethernet.....	131
Figura 115 Variable para la recepción de los datos por parte de la estación 5.....	132
Figura 116 Instrucciones para el funcionamiento del módulo MAS-203.....	132
Figura 117 Esquema de la red implementada.....	133
Figura 118 Propiedades de las variables.....	134
Figura 119 Instrucción MSG.....	134
Figura 120 Configuración de la instrucción MSG.....	135
Figura 121 Pestaña Communication de la instrucción MSG.....	135
Figura 122 Comunicación por red Ethernet.....	136
Figura 123 Propiedades de las variables.....	137
Figura 124 Propiedades de la instrucción MSG.....	138

	20
Figura 125 <i>Ruta de comunicación Ethernet</i>	138
Figura 126 <i>Ruta de comunicación ControlNet</i>	139
Figura 127 <i>Verificación conexión entre computador y PLC estación MAS-203</i>	143
Figura 128 <i>Verificación de conexión entre computador y PLC de estación MAS-205</i>	145
Figura 129 <i>Verificación de conexión entre computador y los PLC's del sistema MAS-200</i>	149
Figura 130. <i>Dispositivos configurados en red DeviceNet Práctica 1</i>	152
Figura 131. <i>Diagnóstico red DeviceNet Práctica 1</i>	153
Figura 132. <i>Dispositivos configurados en red DeviceNet Práctica 2</i>	154
Figura 133. <i>Indicadores de estado Software RSNetWorx</i>	154
Figura 134. <i>Red DeviceNet con desconexión de un dispositivo</i>	155
Figura 135. <i>Diagnóstico Red DeviceNet Práctica 1</i>	155
Figura 136. <i>Conexión estación MAS-201 módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller</i>	156
Figura 137. <i>Diagnóstico estación MAS-201 configuración módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller</i>	157
Figura 138. <i>Conexión estación MAS-203 módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller</i>	157
Figura 139. <i>Diagnóstico estación MAS-203 configuración módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller</i>	158
Figura 140. <i>Conexión estación MAS-204 módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller</i>	158
Figura 141. <i>Diagnóstico estación MAS-204 configuración módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller</i>	159
Figura 142. <i>Conexión estación MAS-205 y MAS-202 módulo DeviceNet con sus respectivos módulos Weidmüller</i>	159

Figura 143. <i>Diagnóstico estación MAS-205 y MAS-202 configuración módulo DeviceNet con sus respectivos módulos Weidmüller.</i>	160
Figura 144. <i>Dispositivos configurados en red ControlNet Práctica 3</i>	161
Figura 145. <i>Diagnóstico red ControlNet práctica 4.</i>	161
Figura 146. <i>Estado inicial variable Producida_E1</i>	162
Figura 147. <i>Cambio de estado variable Producida_E1</i>	163
Figura 148. <i>Estado final variable Producida_E1</i>	163
Figura 149. <i>Estado variables consumidas</i>	164
Figura 150. <i>Cambio de estado variables Consumidas.</i>	164
Figura 151. <i>Estado Inicial variable Consumida_E5</i>	165
Figura 152. <i>Cambio de estado variable Consumida_E5</i>	165
Figura 153. <i>Estado final variable Consumida_E5</i>	166
Figura 154. <i>Estado inicial variable Producida_E1</i>	167
Figura 155. <i>Estado final variable Producida_E1</i>	167
Figura 156. <i>Estado variables consumidas</i>	168
Figura 157. <i>Cambio de estado variables Consumidas.</i>	168
Figura 158. <i>Estado Inicial variable Consumida_E5</i>	168
Figura 159. <i>Estado Inicial variables Producidas estación 1</i>	169
Figura 160. <i>Cambio de estado variable Consumida_E5</i>	169
Figura 161. <i>Cambio de estado variables producidas Estación 1</i>	169
Figura 162. <i>Estado inicial variable Producida_E5 de la estación 201 y la variable Consumida_E1</i>	171
Figura 163. <i>Cambio de estado en las variables al pulsar el botón de paro</i>	172
Figura 164. <i>Cambio de estado variables al pulsar el botón de reset</i>	172
Figura 165. <i>Cambio de estado variables al seleccionar el modo de marcha</i>	173

Figura 166. Estado inicial variable <i>Producida_E5</i> de la estación 1 y la variable	174
Figura 167. Cambio de estado variable <i>Producida_E5</i> de la estación 1 y la variable <i>Consumida_E1</i>	175

Resumen

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de prácticas de laboratorio en el ámbito de redes industriales mediante el uso del sistema MAS-200 perteneciente al laboratorio de Manufactura Integrada por Computador. En primera instancia y dado que este laboratorio se encuentra equipado con dispositivos de la marca Rockwell Automation se procedió a establecer los protocolos de red, los cuales serán DeviceNet para el nivel de dispositivo, ControlNet para el nivel de control y Ethernet/IP para el nivel de supervisión, por lo tanto con los protocolos ya establecidos se procede a la realización del diseño e implementación de seis prácticas de laboratorio de redes industriales las cuales son desarrolladas desde las configuraciones más básicas hasta el manejo combinado de redes y sus modelos de envío de mensaje, siendo así que la primera práctica consiste en el diseño de una red DeviceNet básica para el funcionamiento individual de la estación MAS-203 y se finaliza con la práctica de integración de todo el sistema MAS-200 mediante el uso combinado de los tres protocolos de red además del modelo del envío de datos por mensajería CIP. Al concluir el proyecto las estaciones del sistema MAS-200 se encontraron operativas en su totalidad tanto de manera conjunta como individual de acuerdo a los establecido en las prácticas de laboratorio constituyéndose estas en una herramienta fundamental con la cual el estudiante interactuará con un proceso real.

Palabras clave:

- **REDES INDUSTRIALES**
- **DEVICENET**
- **CONTROLNET**
- **ETHERNET/IP**
- **MAS-200**

Abstract

The main objective of the project is the development of laboratory practices in the field of industrial networks through the use of the MAS-200 system belonging to the Computer Integrated Manufacturing Laboratory. In the first instance and since this laboratory is equipped with Rockwell Automation brand devices, the network protocols were established, which will be DeviceNet for the device level, ControlNet for the control level and Ethernet/IP for the control level. Supervision is carried out, therefore, with the protocols already established, the design and implementation of six industrial network laboratory practices are carried out, which are developed from the most basic configurations to the combined management of networks and their message delivery models. , being so that the first practice consists of the design of a basic DeviceNet network for the individual operation of the MAS-203 station and ends with the practice of integration of the entire MAS-200 system through the combined use of the three protocols of network in addition to the model of sending data by CIP messaging. At the end of the project, the stations of the MAS-200 system were fully operational, both jointly and individually, according to those established in the laboratory practices, constituting these in a fundamental tool with which the student will interact with a real process.

Keywords:

- **INDUSTRIAL NETWORKS**
- **DEVICENET**
- **CONTROLNET**
- **ETHERNET/IP**
- **MAS-200**

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La Universidad de la Fuerzas Armadas-ESPE, consta de múltiples departamentos en los que se encuentra el Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, el cual integra a la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización, el mismo dispone de diferentes laboratorios para el desarrollo de prácticas que permiten el desarrollo de las competencias de los estudiantes.

La realización de prácticas de laboratorio concibe ser más que solo apoyar las clases teóricas de las diferentes área de conocimiento, su rol es fundamental en cuanto estimula y desarrolla las competencias de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas, explicar y percibir los fenómenos con los cuales interactúan en su cotidianidad (Izquierdo et al., 1999).

Las redes industriales son la base de cualquier diseño de sistemas automatizados que posibilita, de manera competente y segura, el comercio y control de la información así como la adaptabilidad para interconectar diferentes dispositivos (Universidad de Valencia, 2009).

Estos datos pueden ser accesibles desde cualquier sitio y utilizando diferentes dispositivos en cualquier instante, lo que permite la investigación de información en curso y la dirección de forma oportuna (Hurtado, 2017).

Además, con la modernización de la industria se genera la automatización de sus procesos, por tanto, igualmente es necesario la modernización de los conocimientos de la automatización de procesos para el desarrollo de la formación profesional de los estudiantes mediante la realización de prácticas de laboratorio.

Conscientes de esta realidad, el Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE, ha equipado los laboratorios de CIM (Manufactura Integrada por Computador) con el sistema de capacitación

MAS-200 para el estudio y preparación en la asignatura de redes industriales, implementando el CIP (Protocolo Industrial Común) reconocido por la ODVA (Asociación Abierta de proveedores de DeviceNet).

ODVA es una asociación global cuyos miembros comprenden las principales empresas de automatización como Rockwell Automation, Omron, Schneider, etc. Y lo que se buscan es promover tecnologías de información y comunicación abiertas e interoperables en la automatización industrial (ODVA, 2021).

El CIP es un protocolo independiente que usa un modelo de comunicación productor-consumidor, este protocolo está orientado a objetos en las capas superiores, CIP incluye una biblioteca de objetos para las comunicaciones de red de propósito general, redes de transferencia de archivos y funciones de automatización típicas como dispositivos de entrada-salida analógicos y digitales (Schiffer, 2016).

Lo que se busca es ayudar a incrementar y mejorar las prácticas que se realizan en la asignatura de redes industriales con la utilización de los módulos del sistema MAS-200 en conjunto con los PLC, y así mejorar el aprendizaje práctico mediante la realización de múltiples prácticas de laboratorio con los diferentes tipos de protocolo de redes industriales como DeviceNet, ControlNet y Ethernet/IP.

Justificación

El sistema MAS-200 al ser un sistema modular de capacitación el cual simula un proceso real de ensamblaje industrial posibilita la implementación de diferentes tecnologías de redes industriales, esto definido por las características de comunicación de los PLC ControlLogix 5000 que se encuentran integrados en las estaciones del sistema MAS-200, lo cual permitirá que todo aquello que esté involucrado con dicho proceso industrial tenga la posibilidad de comunicarse dentro de una plataforma única, de esta forma se logrará que los estudiantes puedan relacionar los conocimientos que fueron adquiridos tanto de

instrumentación y sensores, PLC, sistemas de accionamiento industrial y en si poner en práctica los conocimiento redes industriales, cumpliendo con ello con el perfil de egreso de los estudiantes de la carrera de electrónica y automatización el cual busca el desarrollo de proyectos de automatización total de procesos industriales, empleando técnicas avanzadas de automatización para integrar las diversas tecnologías existentes en el mercado actual

La propuesta del desarrollo de guías de laboratorio de redes industriales en los tres niveles de ODVA que son dispositivo, control e información permitirá el aprovechamiento eficaz de los equipos del sistema MAS-200 que fue adquirido por la universidad sin la integración de los equipos de control, por lo cual se adquirió de manera separada los PLC ControlLogix 5000, dichos equipos fueron equipados con diferentes módulos de comunicación como son Ethernet, DeviceNet y ControlNet, con ello en los trabajos anteriores se han desarrollado la automatización de todas las estaciones llegando a este punto donde se desarrollará la implementación de los diferentes protocolos de redes industriales en los tres niveles de red industrial abierta, los cuales debido a los módulos de comunicación mencionados anteriormente permiten el establecimiento de diferentes combinaciones de protocolos de redes industriales con lo cual facilitará el aprendizaje práctico en la asignatura.

Con la implementación de los diferentes tipos de redes industriales que posibilite al sistema MAS-200 trabajar de una forma conjunta e individual, el laboratorio de CIM de la carrera de Electrónica y Control proporcionará guías de laboratorio para la asignatura de redes industriales, las cuales tendrán como objetivo apoyar en el aprendizaje y manejo de los diferentes protocolos de red, así como la implementación de diferentes combinaciones de redes las cuales se pueden observar a nivel industrial.

El uso de un laboratorio en la parte académica es una herramienta fundamental en la enseñanza para consolidar los conocimientos adquiridos de forma teórica por lo tanto la realización de las guías de laboratorio de redes industriales utilizando el sistema MAS200

permitirán orientar al estudiante mediante el establecimiento de requerimientos y procedimientos, los cuales estarán descritos de una forma adecuada para que sean seguidos de tal manera que permita una implementación satisfactoria de la problemática planteada, con todo esto el estudiante interactuará con un proceso real y relacionará con los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura como es gestionar los niveles de redes industriales abiertas.

Alcance

El presente proyecto establece la realización de un mínimo de seis prácticas de laboratorio, en los cuales se incluirá los requerimientos así como su solución, que vendrá en conjunto con un manual de operación e implementación de los protocolos de red tanto Ethernet, DeviceNet y ControlNet entre las diferentes estaciones del sistema MAS-200, dichos protocolos han sido seleccionados de acuerdo a las características del PLC ControlLogix 5000 de la marca Rockwell Automation que se encuentran incorporados en el sistema MAS-200, así como los módulos de comunicación y los distintos accesorios necesarios para ser incorporados en los diferentes protocolos mencionados anteriormente

La razón de la realización de un mínimo de seis prácticas de laboratorio es debido a que en la asignatura de redes industriales se trabaja con dos marcas reconocidas las cuales son Rockwell Automation y Siemens, por lo tanto, cada mitad del periodo académico se trabaja con una marca en específico, contemplando un mínimo de 6 prácticas con la marca Rockwell Automation al cual pertenece los PLC ControlLogix 5000, combinando los 3 protocolos disponibles con las tecnologías de comunicación aplicables como mensajería CIP y comunicación productor-consumidor.

Para el alcance del proyecto se pueden definir tres aspectos importantes.

1. Investigación y recopilación de información relacionado al sistema MAS-200, características de los PLC, módulos de comunicación, topologías de red, requerimientos de software y hardware.
2. Implementación de los protocolos de redes industriales, utilizando para nivel de campo el protocolo DeviceNet, para el nivel de control el protocolo ControlNet y para de integración de datos el protocolo Ethernet/IP de manera individual entre los módulos del sistema MAS-200, para posteriormente realizar la integración de todo el sistema MAS-200 en conjunto con los diferentes tipos de protocolos.
3. Elaboración de las guías de laboratorio con toda la documentación necesaria donde se planteará la problemática y su respectiva solución incluyendo manuales de operación, planos de conexión y hojas técnicas, para su posterior uso en las siguientes generaciones de estudiantes de la asignatura de redes industriales de la carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.

Objetivos

General

Diseñar un conjunto de prácticas de laboratorio de redes industriales utilizando el sistema MAS-200, para apoyar el desarrollo de las competencias de los estudiantes en el diseño e implantación de sistemas automatizados de servicios integrados.

Específicos

- Implementar una red industrial tipo DeviceNet para el nivel de campo del sistema.
- Implementar una red industrial tipo ControlNet para el nivel de control del sistema.
- Implementar una red industrial tipo Ethernet/IP para el nivel de supervisión del sistema.

- Integrar el sistema en su totalidad, combinando las redes Ethernet, ControlNet y DeviceNet, de tal forma que represente un modelo de implementación de los tres niveles inferiores de la pirámide de automatización.
- Generar la documentación necesaria para la posterior realización de las prácticas de laboratorio por parte de los estudiantes de la asignatura de redes industriales.

Capítulo II

Marco teórico

Redes de comunicación Industrial

Definición

Se entiende por comunicación al intercambio de información que existe entre dos o más partes, para lo cual dicha información es transmitida de un lugar a otro, en el cual el receptor es encargado de procesar, guardar o desechar de acuerdo a la importancia que tenga para el cumplimiento de su trabajo, sin embargo al incluir la parte industrial, se refiere a que es un medio para alcanzar que todo lo que se encuentre involucrado en un proceso industrial pueda tener comunicación dentro de una misma plataforma.

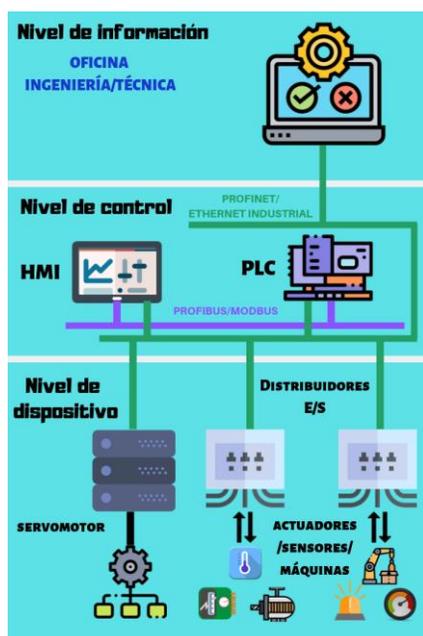
Por lo tanto, se puede decir que las redes industriales están diseñadas e implementadas para tener un control en tiempo real de los datos en entornos difíciles.

Clasificación

Basándose en la funcionalidad, las redes de comunicación industrial se pueden dividir básicamente en tres niveles generales que serán detallados a continuación.

Figura 1

Niveles Red de comunicación Industrial



Nota. Figura tomada (Aula21, 2020).

Nivel de Dispositivo. Es el nivel más bajo de la red industrial es el lugar donde están conectados los dispositivos de campo tales como son los sensores y actuadores, la función que se cumple en este nivel es la de transmitir la información adquirida por esos dispositivos hacia los elementos de control.

Nivel de Control. En este nivel se trata de conectar los elementos que son encargados del control en el proceso industrial tales como son los PLC, DCS entre otros. Las funciones principales en este nivel es el control y configuración de dispositivos, ajuste de variables, supervisión y visualización del proceso, por lo cual se requiere características especiales como son un tiempo de respuesta rápido, transmisión de datos en alta velocidad, etc.

Nivel de información. Este nivel también conocido como nivel de gestión, es el encargado de recoger la información proveniente del inferior, convirtiéndose en gran volumen de datos que no son usados de manera constante y tampoco se convierten en críticos en cuanto al nivel de respuesta.

Redes Industriales ODVA

ODVA es una asociación global en la cual forman parte las empresas más importantes de automatización en el mundo, su objetivo es promover las tecnologías de información y comunicación abiertas e interoperables en la automatización industrial.

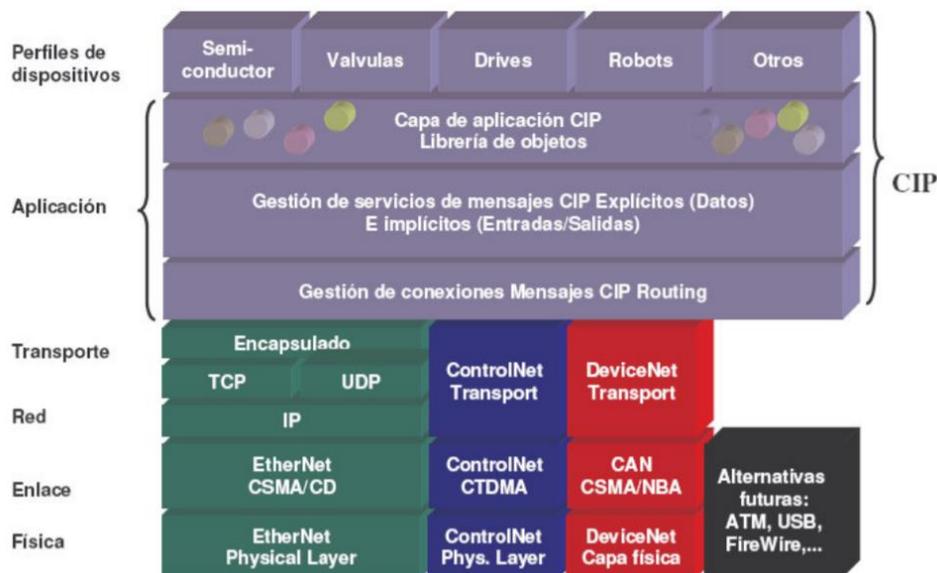
La base de todos los miembros de esta asociación es el interés común en desarrollar estándares y promover la aceptación del CIP (ODVA, 2021).

Protocolo Industrial Común

El CIP fue creado por ODVA y ControlNet International con el objetivo de desarrollar una capa de aplicación, la cual está basada en el modelo de Interconexión de sistema abierta (OSI), por lo tanto, no es necesario implementar una tecnología particular para interactuar con las capas más bajas de tal modelo, definen las características físicas con las que llevan a cabo la comunicación.

De esta manera se utiliza esta capa de aplicación común para facilitar la integración de las redes en los diferentes niveles de automatización y reducir los asilamientos que se presentan entre estos niveles dentro de la industria.

El Protocolo CIP al integrar diferentes redes bajo una capa de aplicación común que contempla las funciones de Aplicación, Presentación y Sesión del modelo OSI ha dado lugar a la creación de lo que se conoce como “Familia de Redes CIP” o CIP Protocol Suite, la cual está constituido por Ethernet/IP, ControlNet y DeviceNet, además de los perfiles de comunicación (Gamboa, 2018)

Figura 2*Familia de redes CIP*

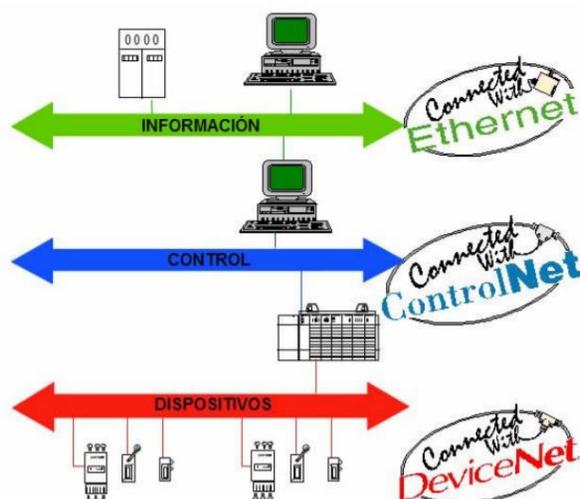
Nota. Figura tomada de (Muñoz, 2007).

Arquitectura NetLinx

Las afiliaciones ODVA y ControlNet International plantean la solución comercial creada por Rockwell-Automation, para la reunión de datos en la organización, fundamentada en las redes que incorporan el protocolo CIP, esta solución se denomina NetLinx, la cual se separa en 3 niveles jerárquicos, según el tipo de componentes y datos que transporta la red, en la Figura 3, se muestra la estructura de la arquitectura NetLinx (Muñoz, 2007).

Figura 3

Arquitectura NetLinx



Nota. Figura tomada de (Muñoz, 2007)

DeviceNet. DeviceNet es un bus de comunicación para realizar la conexión de sensores y actuadores, DeviceNet es una implementación del protocolo CIP para redes de comunicaciones industriales, originalmente desarrollado por Allen-Bradley.

El protocolo DeviceNet es usado fundamentalmente en la conexión de controladores y módulos de entrada-salida industriales, este protocolo sigue el modelo productor-consumidor, el mismo soporta múltiples modos de comunicación, el protocolo DeviceNet es el equivalente al sistema de comunicación CAN Bus (Controlador de área de zona) adaptado a la industria (Inacap, 2013).

Características de DeviceNet. DeviceNet es una red que adopta el esquema productor-consumidor, lo que implica que la información producida por una fuente en la red alimenta de forma simultánea a todos los probables receptores y deja que los mismos tomen la decisión de atender o no el mensaje absorbido.

Los sistemas DeviceNet pueden ser configurados para desenvolverse en una arquitectura de control de tipo maestro-esclavo o a su vez control distribuido, utilizando un envío de datos punto a punto. DeviceNet brinda un único punto de conexión para establecer su configuración y control, además posee la característica de contar con energía en la red lo que admite a los dispositivos con exigencias de energía limitada sean alimentados directamente desde esta red, así se reduce el tamaño físico y los puntos de conexión.

DeviceNet es un protocolo que trabaja a nivel de campo o también llamado nivel de dispositivos de la pirámide CIM, por lo tanto, brinda la característica de afrontar un tráfico que es conformado por un gran número de paquetes que son intercambiados con una frecuencia alta entre varias estaciones que forman la red y que trabajan en tiempo real (Inacap, 2013).

Tabla 1

Características de la red DeviceNet

Red	DeviceNet
Topología	Línea Troncal con derivaciones
Longitud máxima	500m
Medio	Par trenzado: Thick y Thin. Dos hilos sin trenzar: Flat
Nodos máximos	64

Características de la señal de DeviceNet. La red DeviceNet se encuentra clasificada en el nivel de Devicebus, que tiene como características principales alta velocidad, comunicación a nivel de byte permitiendo la comunicación con equipos discretos y analógicos, la capa de datos está conformada por la especificación CAN, que define dos posibles estados:

- Estado dominante (nivel cero lógico)
- Estado recesivo (nivel de uno lógico)

Los niveles de voltaje definidos por la señal CAN para DeviceNet son:

- A= +3.5 VDC a +4.0 VDC (Estado dominante)
- B= +2.5 VDC a +3.0 VDC (Estado recesivo)
- C= +1.5 VDC a +2.0 VDC (Estado dominante)

CSMA/NBA. Posee un acceso al medio por detección de Portadora/Arbitraje de Bit-inteligente no destructivo, esto significa que, si existiera el caso en que el que más de un nodo acceden al mismo tiempo a la red, existe un mecanismo que fundamentado en prioridad de mensaje actúa para que con ello se decida cuál de los mensajes tiene mayor importancia.

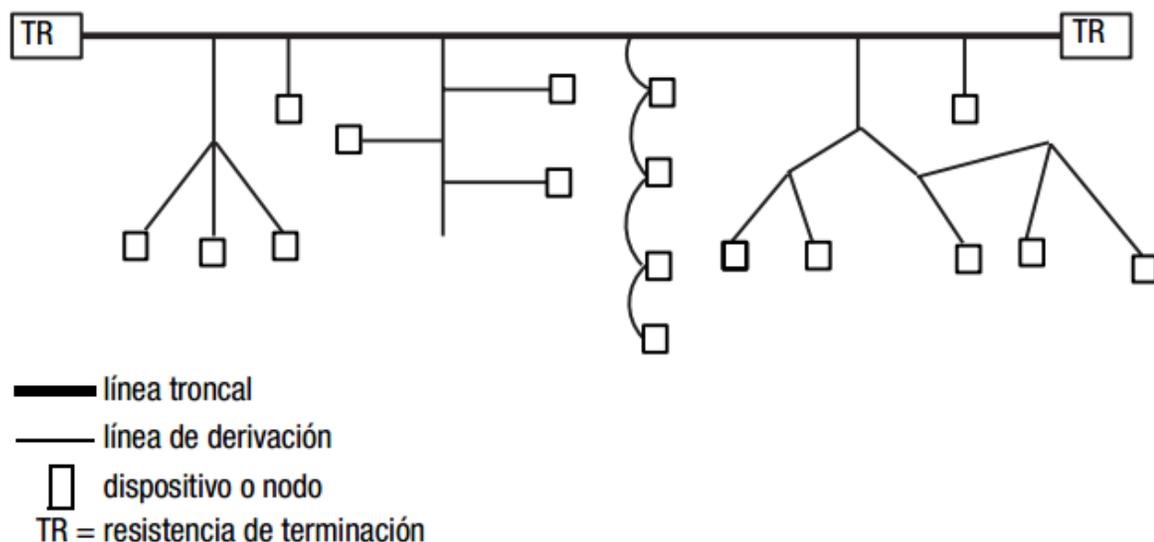
Técnica de acceso medio. DeviceNet emplea CSMA/NBA para ingresar al medio físico, esto significa que un nodo, antes de empezar a comunicar, debe realizar primero la verificación de que el canal se encuentre en un estado libre.

Arbitraje del bus. Cada vez que el bus se encuentre en un estado libre, cualquier nodo sin importar puede empezar a transmitir mensajes, como se dijo anteriormente si dos o más nodos transmiten en el mismo momentos el encargado de resolver este conflicto es el arbitraje de bit-inteligente (Inacap, 2013).

Características de Hardware de la red DeviceNet. La red DeviceNet consiste en una red "trunk drop" ya que está conformada por una rama o bus principal llamada "truck line" que va por toda la red con múltiples derivaciones de hasta 6 metros cada una, llamadas "drop lines", en los cuales se conectan los diferentes dispositivos de la red, además se tiene los terminales resistivos al inicio y al final de la red, y una fuente de alimentación externa.

Figura 3

Ejemplo de una Red DeviceNet



Nota. Figura tomada de (Inacap, 2013).

En cada red DeviceNet es posible conectar hasta 64 nodos y cada uno puede soportar un número infinito de dispositivos de E/S con velocidades de 125kbps a 500kbps.

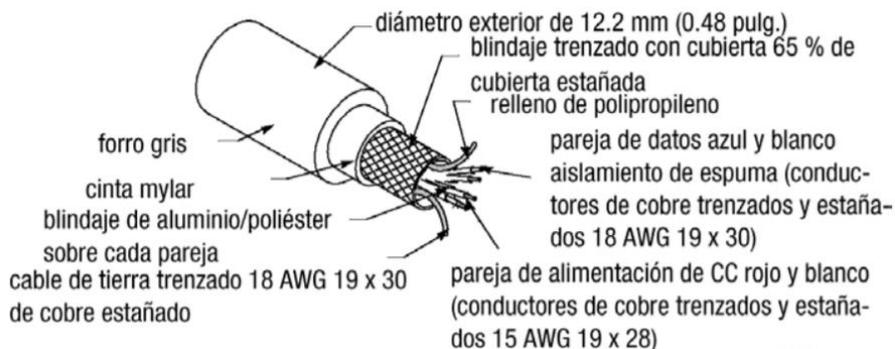
El trunk line y el drop line vienen a ser el mismo cable con la diferencia que el trunk line posee un recubrimiento más grueso, por esta razón en ocasiones se puede prescindir de los drop lines y solo se usa trunk lines (Dávila & Castillo, 2018).

Características de los cables.

Cable Redondo Grueso (Round thick). Es un cable dimensionado para 8A con diámetro exterior de 12.2mm, utilizado como cable troncal para red DeviceNet, el cable redondo grueso puede ser utilizado como cable de derivación para la conexión de dispositivos, posee 5 conductores: par trenzado (azul y negro) para señal, par trenzado (rojo y negro) para 24V de alimentación y finalmente una malla (Tunning, 2010).

Figura 4

Cable DeviceNet tipo redondo grueso

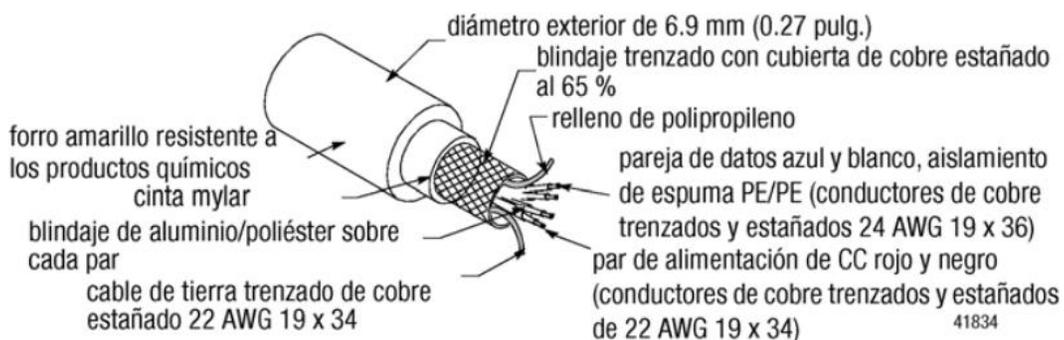


Nota. Figura tomada de (Tunning, 2010)

Cable redondo delgado (Round Thin). Es un cable dimensionado para 3A con un diámetro de 6.9mm, permite la conexión de dispositivos a la línea de derivación por medio de tomas de conexión, puede ser usado como cable troncal, este tipo de cable contiene 5 conductores: par trenzado (rojo y negro) para 24V de alimentación y una malla (Tunning, 2010).

Figura 5

Cable DeviceNet tipo redondo delgado

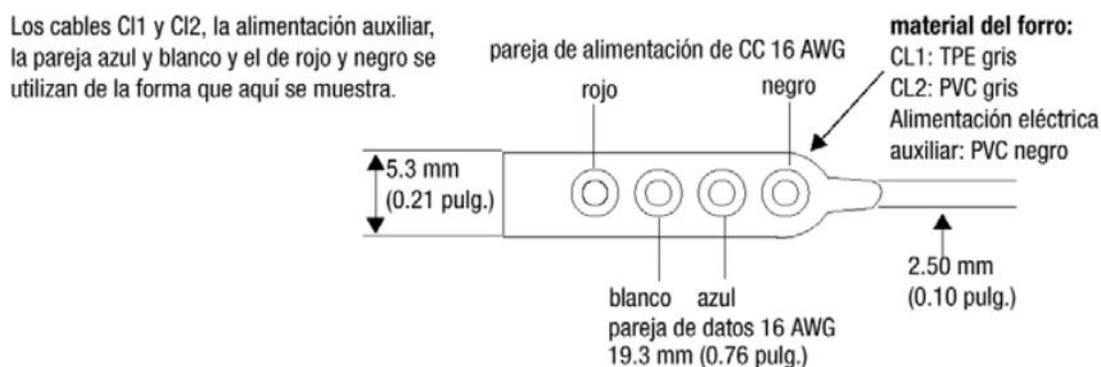


Nota. Figura tomada de (Tunning, 2010)

Cable plano (flat). Este cable posee una guía física, la cual ayuda que no tenga fallos de conexión, el cable plano se utiliza exclusivamente para la línea troncal, posee 4 conductores: un par (rojo y negro) para 24V de alimentación y un par (azul y blanco) para señal.

Figura 6

Cable DeviceNet tipo plano



Nota. Figura tomada de (Tunning, 2010)

ControlNet. La red de comunicación industrial ControlNet es una red de estándar abierto que pertenece a la familia CIP, implementada siguiendo el modelo de 7 capas OSI donde solo la capa de sesión está vacía. Las aplicaciones más significativas incluyen el sistema de control de lotes, industria automotriz y lo referente a control de procesos; esta red surgió de la mano de Allen-Bradley en el año 1995, lo que actualmente se denomina Rockwell Automation.

Características

- Es una red determinista, repetible y de alta velocidad utilizada para transmisión de aplicaciones en tiempo crítico.
- Ofrece un alto rendimiento que aproximadamente es 5Mbps/s que proporciona un mejor rendimiento en E/S.
- Entrega de datos determinista y altamente repetible.

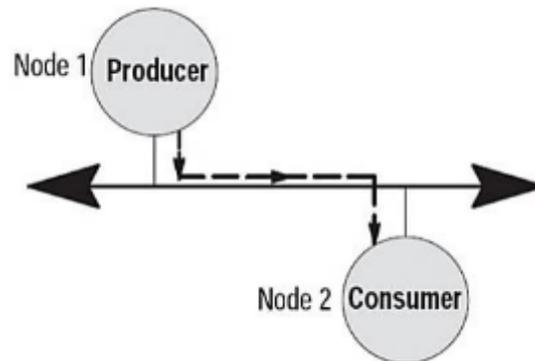
- ControlNet admite conexión por cables coaxiales y de fibra óptica en topologías de árbol, bus o estrella.
- Posee redundancia de capa de medios con el propósito de aumentar la confiabilidad de la red. (Sen, 2017)

Modelo de comunicación productor/consumidor. La red ControlNet se basa en el modelo de comunicación productor/consumidor, este modelo basa su funcionamiento en que todos los nodos acceden a los datos de una sola fuente al mismo tiempo, es decir de una manera sincrónica, esto se consigue dado que todos los datos llegan a cada nodo en un tiempo igual. Todo esto da como resultado un mayor rendimiento y una mayor eficiencia frente al modelo tradicional de origen/destino el cual no poseía un sincronismo requiriendo múltiples paquetes para la entrega de los mismos datos a todos los nodos.

Otra ventaja adicional de tener un modelo sincronizado es la de utilizar una misma red para enviar mensajes y E/S de tiempo crítico, optimizando el ancho de banda para mejorar así el rendimiento.(Sen, 2017)

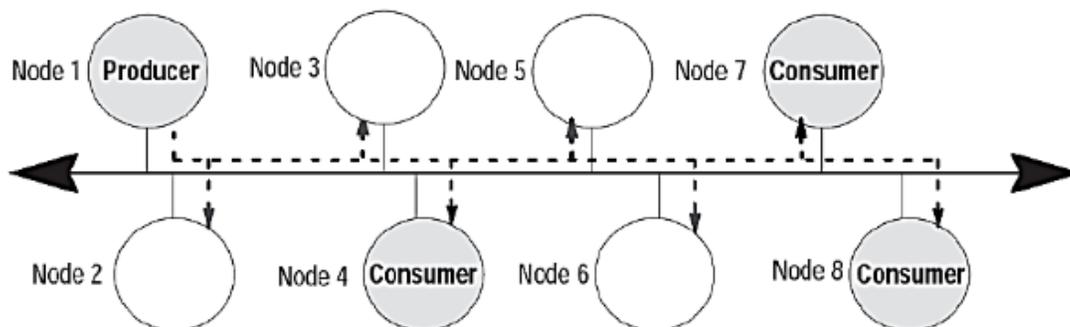
Tipos de conexión

Punto a punto. Este tipo de conexión es donde se conectan directamente un productor y un consumidor como se observa a continuación en la Figura 8.

Figura 7*Conexión Punto a Punto*

Nota. Figura tomada de (Cortés et al., 2013).

Multicast. En este tipo de conexión a diferencia del anterior un mensaje es transmitido simultáneamente a más de un consumidor, dicho mensaje puede ser recibido ya sea por uno, varios o todos los nodos de red dependiendo del tipo de mensaje, como se puede observar a continuación.(Cortés et al., 2013)

Figura 8*Conexión Multicast*

Nota. Figura tomada de (Cortés et al., 2013).

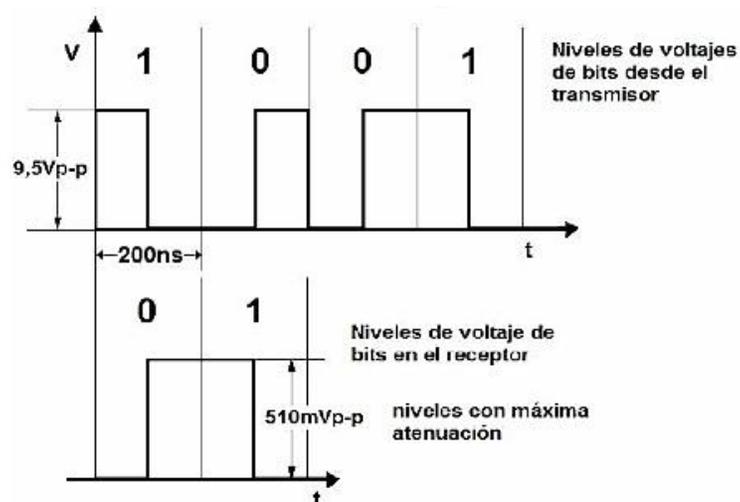
Características de señal

- Tiene una tasa de transmisión de 5Mbps.

- Bit-time de 200 nseg.
- Byte-time de 1.6 useg.
- Codificación de bit tipo Manchester.
- Niveles de voltaje.
 - 9.5 V en el Transmisor.
 - Atenuación máxima de 510 mV en el Receptor (Cortés et al., 2013).

Figura 9

Características señal ControlNet



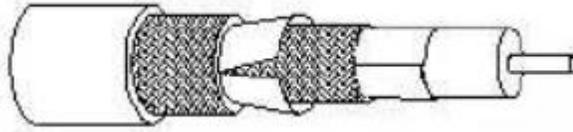
Nota. Figura tomada de (Cortés et al., 2013).

Medio Físico.

Cable. El cable especificado es el coaxial RG-6 para la línea troncal el cual debe poseer una impedancia de 75 ohm.

Figura 10

Cable coaxial RG-6



Nota. Figura tomada de (Cortés et al., 2013).

Conectores.

Conector BNC. Son los conectores definidos para la conexión de los dispositivos a la red troncal.

Figura 11

Conector tipo BNC



Nota. Figura tomada de (S&M, 2016).

Conector RJ-45. Este tipo de conector está definido para el puerto denominado NAP (Network Access Port) el cual es utilizado para la programación de los dispositivos a través de terminales.

Figura 12

Conector tipo RJ-45



Nota. Figura tomada de (Componentes, 1991).

Conector TNC. Son conectores incorporados últimamente para ser aplicados en medios industriales expuesto a mucha vibración y agua.

Figura 13

Conector tipo TNC



Nota. Figura tomada de (Electro DH, 2015).

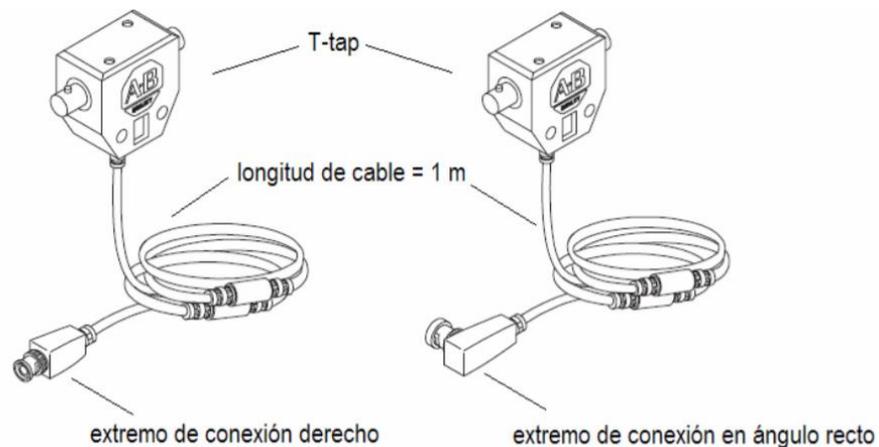
Taps. Los taps son aquellos que conectan un nodo a la red con sistema de cable coaxial todo esto mediante la línea de derivación. Estos taps son componentes eléctricamente pasivos que pueden poseer conectores tipo BNC o TNC.

Existe dos tipos de taps con dos variantes:

- T-tap con variación derecho o en ángulo recto.

Figura 14

T-tap BNC variante derecha y variante en ángulo recto

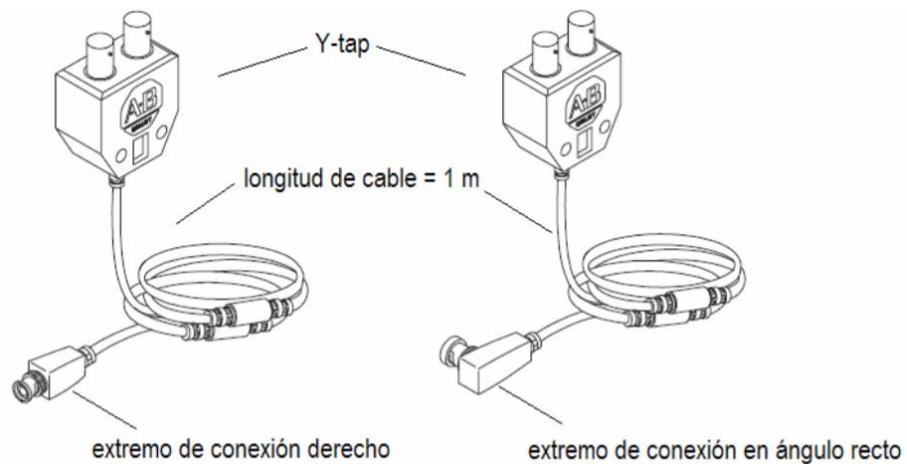


Nota. Figura tomada de (Muñoz, 2007).

- Y-tap con variación derecha o en ángulo recto.

Figura 15

Tap tipo Y-Tap

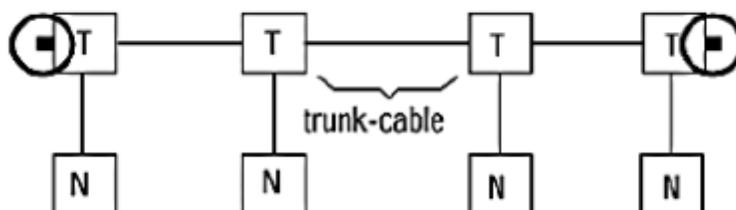


Nota. Figura tomada de (Muñoz, 2007).

Resistencia de término. Es una resistencia de 75 ohm, que debe ser instalada en los taps que están situados al final de un segmento.

Figura 16

Descripción resistencia de término



Nota. Figura tomada de (Tunning, 2010).

Repetidores. Los repetidores son los elementos que se utilizan para aumentar el número de taps, esto se logra extendiendo el segmento o creando una nueva configuración; sin embargo, el número máximo de repetidores y la longitud de los cables depende de la topología de red que se ha utilizado.

La utilización de un repetidor es necesaria cuando el sistema de cableada requiere más de 48 taps por segmento o también cuando se ha excedido la longitud del cable troncal (Cortés et al., 2013).

Ethernet/IP. Es una solución abierta para la interconexión de redes industriales que saca provecho de los medios físicos y los chips de comunicación Ethernet comerciales, esta red pertenece a la familia de red CIP y se encarga de la comunicación en los niveles superiores de la pirámide CIM, Ethernet surge como tecnología LAN (Red de Área Local) para entornos de oficina, posteriormente fue transferida a IEEE (Institute for Electrical and Electronic Engineers), que la aprobó y publicó como estándar IEE802.3 (Gallie, 2000).

Características. Ethernet está basado en la lógica de topología bus, utiliza un método de acceso por disputa, lo que significa que las transmisiones son difundidas en el canal compartido para ser escuchados por todos los dispositivos conectados, solo el dispositivo de destino va a aceptar la transmisión, a este tipo de acceso se lo conoce como CSMA/CD

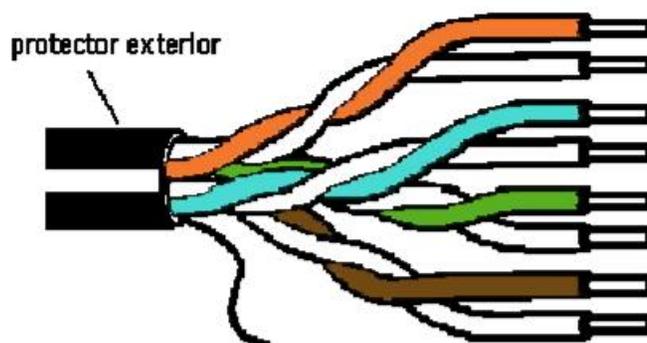
(Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones). Ethernet puede operar sobre una variedad de medios como son: fibra óptica, cable coaxial, par trenzado, a múltiples tasas de transferencia (Kelley & Juiz, 2012).

Tipos de cables.

UTP (Par Trenzado no Blindado). Es un tipo de cable que no posee ningún revestimiento o blindaje entre la cubierta y los cables de comunicación en sí, este tipo de cable se emplea frecuentemente para proyectos de redes Ethernet, el término UTP comúnmente hace referencia a los cables dependiendo su categoría 3, 4 y 5 definidos en el estándar TIA/EIA 568-A (Galdeano & Andreoni, 2015).

Figura 17

Cable tipo UTP

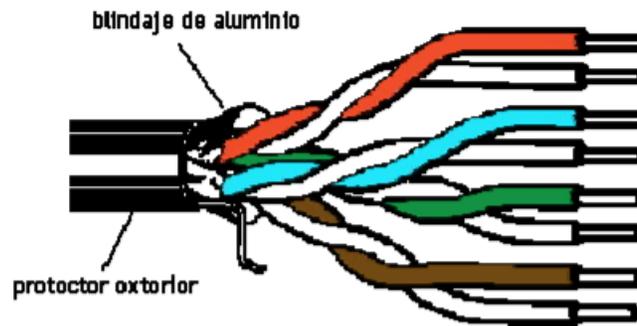


Nota. Figura tomada de (Galdeano & Andreoni, 2015).

STP (Par Trenzado Apantallado). El cable STP, tiene un blindaje especial que forra a los 4 pares y comúnmente se refiere al cable par trenzado de 150 ohm definido por IBM utilizado en redes Token Ring. El blindaje está diseñado para minimizar la radiación electromagnética y la diafonía (Galdeano & Andreoni, 2015).

Figura 18

Cable tipo STP

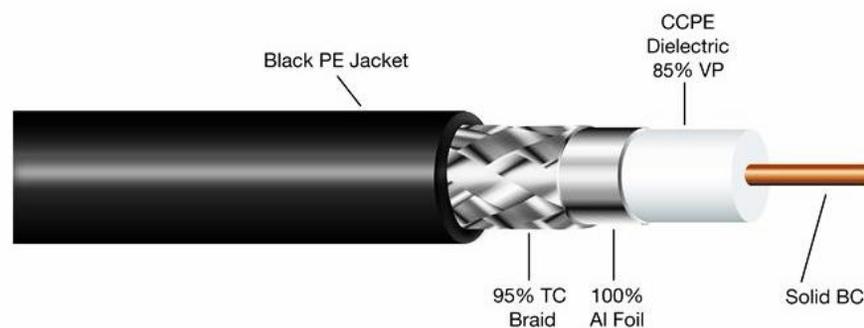


Nota. Figura tomada de (Galdeano & Andreoni, 2015).

Coaxial. Consiste en un tipo de un alambre interno que se ubica fijo en un medio aislante que después posee una cubierta metálica. La capa externa es aquella que impide que las señales de otros cables o a su vez la radiación electromagnética afecte la información que es transmitida por este cable.

Figura 19

Cable tipo coaxial



Nota. Figura tomada de (ArtChist, 2020).

Descripción del CIP

Las redes DeviceNet y ControlNet, definen sus capas de aplicación a través del protocolo CIP, por lo tanto, a ese nivel, comparten todas las características en CIP, la base del

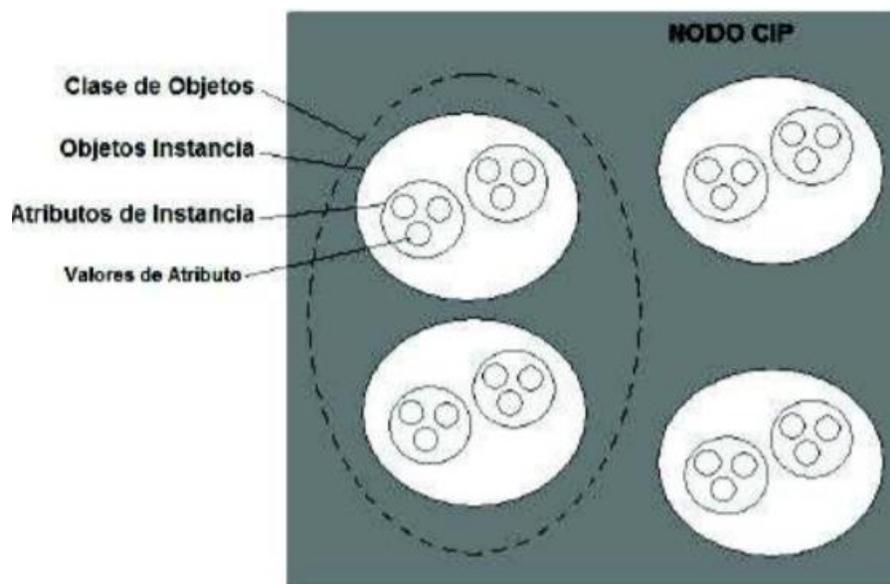
CIP es el modelado de objetos abstractos que le permiten su funcionalidad independiente de la red (Muñoz, 2007).

Objetos

CIP usa un modelo basado en objetos para la descripción de la información, la disponibilidad de los servicios de comunicación y el comportamiento del nodo CIP. De esta manera, el protocolo CIP usa el modelo basado en objetos como una manera de representación de información abstracta, para así definir las propiedades de los dispositivos en la red (Schiffer, 2016).

Figura 20

Modelo de objetos CIP



Nota. Figura tomada de (Gamboa, 2018).

CIP tiene una manera para direccionar los objetos que representan sus elementos.

Dirección de nodo. Permite identificar el nodo de la red CIP.

Identificador de Clase. Ayuda a identificar a una clase de objetos.

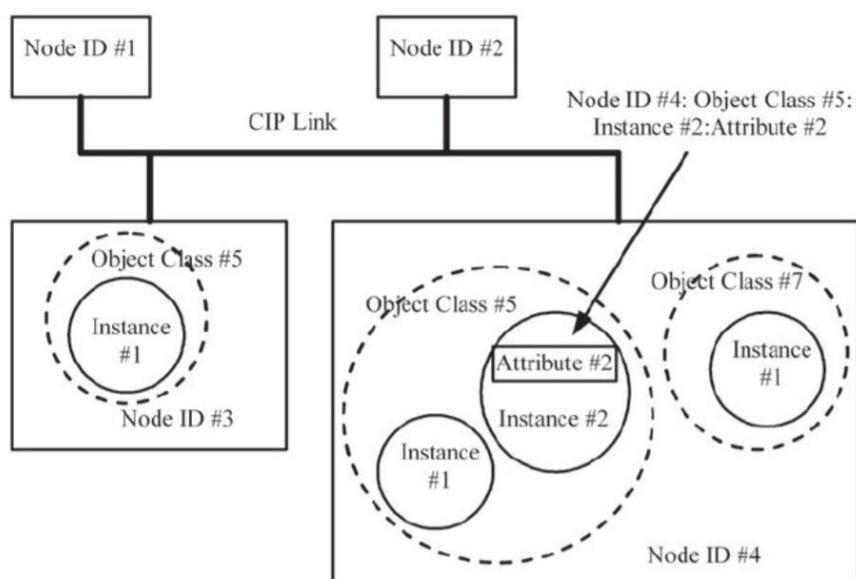
Identificador de instancia. Identifica una instancia para diferenciar dos instancias dentro de una clase.

Identificador de atributo. Identifica un atributo dentro de la clase.

Código de servicio. Identifica una acción para un objeto de instancia o clase (Schiffer, 2016).

Figura 21

Esquema de direccionamiento CIP



Nota. Figura tomada de (Schiffer, 2016).

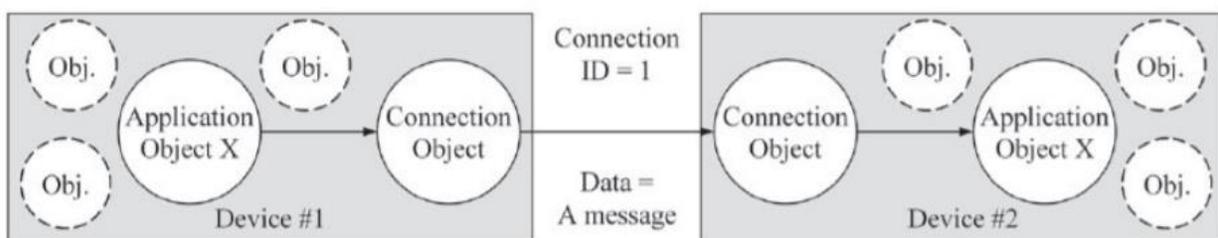
Protocolo de mensajería

CIP se encuentra basado en conexión, por lo tanto, se debe establecer una conexión entre los nodos, para así comenzar a transmitir, una conexión CIP aporta una trayectoria entre varios objetos de aplicación.

Al establecerse una conexión, sus transmisiones asociadas se les asignan a una Conexión ID, si esta conexión implica un intercambio bidireccional, entonces se asignan dos valores de Conexión ID (Schiffer, 2016).

Figura 22

Esquema de Conexión ID



Nota. Figura tomada de (Schiffer, 2016).

El formato de Conexión ID dependen de la red, la Conexión para red DeviceNet se basa en Identifier, definido en el protocolo CAN, el cual implementa DeviceNet en su capa de enlace, para ControlNet, la Conexión ID está basada en el tipo paquete de enlace el cual se encuentra definido por ControlNet(Muñoz, 2007).

Tipos de conexiones de mensajería CIP.

Conexiones de mensajería E/S o implícita. Este tipo de conexiones proporcionan trayectorias de propósito específico entre un productor y uno o más a consumidores. Los datos de E/S específicos se desplazan a través de puertos, este proceso se lo conoce como Mensajería Implícita, las conexiones de mensajería implícita son Multicast

Conexiones de mensajería Explícita. Proporcionan trayectorias de comunicación genéricas, se refieren simples conexiones de mensajería, este tipo de mensajes proporcionan una relación solicitud/respuesta, las conexiones de mensajería explícita son de punto a punto (Muñoz, 2007).

Ruteo de mensajería CIP

CIP permite la transmisión de mensajes a través de las distintas redes que lo implementen ya que las capas de aplicación de las redes CIP comparten una estructura común, los mensajes pueden ser transmitidos desde una red CIP (Muñoz, 2007).

MAS-200

El Sistema MAS-200 se define como un sistema modular de entrenamiento que simula un proceso industrial real de ensamble, en el cual se incorpora tecnologías que están en auge en la industria actual.

Este sistema está conformado por cinco estaciones las cuales serán detalladas a continuación.

MAS-201: Alimentación de la base con detección y expulsión de pieza incorrecta

En esta primera estación se realiza la alimentación de la base la cual tiene la función de soporte al mecanismo de giro ensamblado, así como el movimiento hasta la posición de montaje (SMC International Training, 2021).

Posee tres bloques integrantes de la estación.

Alimentador Base. Es un alimentador por gravedad el cual almacena las bases, para extraer las bases se lo realiza mediante un cilindro con un empujador, además posee un sensor inductivo que su función es detectar la presencia de las piezas y dar una señal cuando se agoten.

Verificación Posición. Para verificar la posición de la base se realiza con un cilindro que introduce una pieza en el alojamiento de la base, cuando completa toda la carrera el cilindro se sabe que la pieza está en la posición correcta y al no completarla indica una posición errónea por lo que será expulsada la base a la rampa mediante el uso de un cilindro neumático de simple efecto.

Desplazamiento lugar de montaje. Después de haber verificado que la base está en la posición correcta se desplazará hacia el punto donde se insertan las demás piezas, todo esto mediante un cilindro (SMC International Training, 2021).

Figura 23*Módulo MAS-201***MAS-202 - Colocación de tapa**

Esta estación tiene la función de insertar una tapa en el producto, se realiza la detección de presencia de la tapa en su posición inicial para posteriormente ser desplazada a la posición de montaje (SMC International Training, 2021).

Posee dos bloques integrantes de la estación.

Alimentación de la tapa. Se verifica que la tapa se encuentre en la posición inicial, esto se realiza mediante el vacuostato instalado en el sistema de vacío.

Inserción de la tapa. Para desplazar la tapa hacia la posición de montaje se utiliza un manipulador basado en dos ejes cartesianos, el cual está constituido por dos cilindros vástagos paralelos y una placa con ventosas para sujetar la pieza, además para verificar la presencia de la pieza en la posición del montaje también se lo realiza a través del vacuostato (SMC International Training, 2021).

Figura 24

Módulo MAS-202

***MAS-203: Inserción del rodamiento.***

En esta tercera estación se realiza la alimentación de un rodamiento, el cual se encuentra situado en una posición inicial y se traslada a la posición de montaje, cabe recalcar que existe detección de presencia de la pieza en las dos posiciones (SMC International Training, 2021).

Posee dos bloques integrantes de la estación.

Alimentación del rodamiento. La pieza se ubica en una posición inicial con centrador, para la detección de la presencia de la pieza se lo realiza mediante una fotocélula miniatura de barrera.

Trasvase a la posición de montaje. Para el traslado de la pieza hacia la posición de montaje se lo realiza mediante un manipulador que está constituido por un actuador de giro tipo piñón-cremallera con giro de 180°, además posee una pinza para la sujeción del rodamiento (SMC International Training, 2021).

Figura 25

Módulo MAS-203



MAS-204 - Colocación del eje.

En la cuarta estación del sistema MAS-200 se realiza la colocación de un eje en el producto en proceso, igual que en las estaciones anteriores la pieza que en este caso es un eje se encuentra en una posición de inicio y se traslada a una posición de montaje, igual existe la detección de presencia de la pieza en las dos ubicaciones (SMC International Training, 2021)

Posee dos bloques integrantes en la estación.

Alimentación del eje. La pieza en este caso el eje se encuentra en la posición inicial y para verificar que así sea se utiliza una fotocélula de fibra óptica.

Inserción del eje en el producto. Para la parte de la inserción se tiene un manipulador rotolineal con pinza el cual es el encargado de recoger la piza y trasladarlo hasta el punto del montaje, al igual que en lo anterior existe una fotocélula para verificar la presencia de la pieza en la ubicación de montaje (SMC International Training, 2021).

Figura 26*Módulo MAS-204****MAS-205: Traslado de piezas***

En la última estación del sistema se realiza la función de montaje o desmontaje de todos los componentes que anteriormente fueron suministrados por cada estación, existen dos versiones una con un manipulador neumático y otra con un robot de seis ejes.

MAS-205A Traslase neumático. Esta versión está compuesta por un plato giratorio y con dos manipuladores.

MAS-205B - Traslase robotizado. En esta versión el robot es aquel que realiza las tareas de montaje y desmontaje de todas las piezas, para poder conseguir esto el robot tiene adheridas dos pinzas (SMC International Training, 2021).

Figura 27

Módulo MAS-205



Capítulo III

Diseño e implementación

Especificaciones de los equipos y elementos de la red.

PLC's (Allen Bradley, ControlLogix 1756)

Los módulos basados en chasis ControlLogix ofrecen una extensa gama de módulos como son de control de movimiento, entradas y salidas especiales, digitales y analógicas todo esto con el fin de satisfacer las necesidades de las distintas aplicaciones. Entre las principales características de los controladores de la familia ControlLogix es la conexión a redes de tipo Ethernet/IP, ControlNet o DeviceNet. (Rockwell Automation, 2021)

Especificaciones Técnicas. A continuación, se presentará las especificaciones técnicas principales del controlador ControlLogix 1756-L71 el cual es el que está disponible en el sistema MAS-200.

Tabla 2

Especificaciones técnicas PLC ControlLogix 1756

Especificación	Procesador 1756-L71
Tareas	32 1000 programas/tarea
Memoria de usuario	2 MB
Puertos Incorporados	1 puerto USB cliente Ethernet/IP ControlNet
Opciones de comunicación	DeviceNet Data Highway Plus Remote I/O

	SynchLink
	USB cliente
Conexiones del controlador	500 conexiones
	256 Ethernet/IP; 128 TCP (1756-EN2x, 1756-ENxT(R))
Conexiones de red, por módulo de red	128 Ethernet/IP; 64 TCP (1756-ENBT)
	128 ControlNet (1756-CN2/B)
	100 ControlNet (1756-CN2/A)
	40 ControlNet (1756-CNB)
Redundancia de controlador	Compatibilidad total
	Conexión Ethernet/IP
	Interface SERCOS
Movimiento integrado	Opciones analógicas (entrada de encoder, entrada LDT, entrada SSI)
	Lógica de escalera de relés
Lenguajes de programación	Texto estructurado
	Bloque de funciones
	Diagrama de funciones secuenciales (SFC)

Este controlador ControlLogix se encuentra disponible en diferentes combinaciones de memoria de usuario, pero en este caso es de 2 MB, el ambiente de programación se da en Studio 5000 y además los módulos de comunicación son separados para comunicación de red (Rockwell Automation, 2018).

Figura 28

PLC ControlLogix 5000 L71

***Módulo DeviceNet 1756 DNB.***

La función de este módulo 1756-DNB es la de actuar como interface entre los dispositivos DeviceNet y el controlador ControlLogix.

Este módulo se comunica con los dispositivos mediante la red para leer entradas desde un dispositivo, escribir salidas a un dispositivo, descargar datos de configuración y monitorear el estado de operación en el que se encuentra un dispositivo.

El módulo se comunica también con el controlador mediante las distintas tablas donde están los datos de entrada y salidas de dispositivos, la información de estado y los datos de configuración.

Este módulo permite el intercambio de datos a una velocidad de 125 Kbps (500m máx.), 250 Kbps (250m máx.), 500 Kbps (100m máx.) y un máximo de 64 nodos (Rockwell Automation, 2021).

Figura 29*Módulo DeviceNet 1756 DNB****Módulo Ethernet/IP 1756 EN2T***

El módulo 1756 EN2T permite un estándar abierto de redes industriales, este módulo admite tanto Mensajería de E/S en tiempo real e intercambio de mensaje, la red Ethernet utiliza medios físicos y chips de comunicación, además este módulo admite modelo productor/consumidor y permite la carga y descarga de programas al controlador (Rockwell Automation, 2021).

Tabla 3*Características módulo Ethernet 1756 EN2T*

Especificación	Ethernet 1756 EN2T
Tasa de comunicación Ethernet/IP	10/100 Mbps
Consumo de corriente a 5.1 V DC	1 Amp
Consumo de corriente a 24 V DC	3 Amp
Disipación de potencia	5.1 W
Disipación térmica	17.4 BTU/hr
Puerto Ethernet	Ethernet RJ45 categoría 5
Puerto USB	USB (12Mbps)
Temperatura máxima	60°C

Figura 30*Módulo Ethernet/IP 1756 EN2T*

Módulo ControlNet 1756 CN2

La red ControlNet se considera una red heredada, es apta para aplicaciones de alto rendimiento en tiempo real. La red ControlNet utiliza el CIP para combinación de la funcionalidad de una red de E/S y una red de punto a punto, lo que proporciona un rendimiento de alta velocidad para ambas funciones (Rockwell Automation, 2021).

Tabla 4

Características módulo ControlNet 1756 CN2

Especificación	ControlNet 1756 CN2
Configuración	Redundante
Tasa de comunicación ControlNet	5 Mbps
Conexiones de comunicación Logix	128
Número de nodos máximo	99 nodos
Consumo de corriente 5.1V DC	1300 mA
Consumo de corriente 24V DC	3 mA
Disipación de potencia	6.7 W
Puerto ControlNet	ControlNet BNC

Figura 31

Módulo ControlNet 1756 CN2

***Acoplador de bus de campo de E/S (Weidmüller, UR20-FBC-DN DeviceNet)***

Los acopladores de bus de campo ofrecen ventajas: diseño personalizado, instalación rápida, puesta en marcha segura, menores tiempos de parada, para un mejor rendimiento y una mayor productividad

El acoplador de entradas y salidas remotas UR-20-FBC- DN Remote-IO usa un protocolo de bus de campo DeviceNet con una velocidad de transmisión bus de sistema de 48 Mbit/s (máx.), y una velocidad de transmisión de bus de campo de 500 Kbit/s (máx.) (Weidmüller Interface GmbH & co, 2021).

Tabla 5*Especificaciones técnicas Weidmüller, UR20-FBC-DN*

Especificación	UR20-FBC-DN DeviceNet
Temperatura	-40°C – 85°C
Consumo de corriente	75 mA
Corriente de alimentación del sistema	4 Amp
Voltaje de alimentación	24 VDC
Protocolo de bus de campo	DeviceNet
Conexión	Conector hembra para conector de 5 pines
Número máximo de módulos	64 módulos
Interfaz	Bus de sistema u-remote
Velocidad de bus de transmisión	500 Kbit/s

Figura 32*Distribuidor de E/S Weidmüller UR-20*

Fuentes 24v-2.5A (Omron, S8VK-G06024)

Las fuentes de alimentación conmutada Omron poseen entrada universal para aplicaciones de 100-240VCA, poseen entradas de corriente continua de 90-150VDC, tienen posibilidad de alimentación bifásica, además poseen un amplio rango de temperaturas de operación (OMRON Automation, 2020).

Tabla 6

Especificaciones técnicas fuente Omron, S8VK-G06024

Especificación	S8VK-G06024
Temperatura	-40°C – 70°C
Eficiencia	88%
Tensión	100-240Vc.a
Frecuencia	50/60Hz
Corriente	1.1 Amp

Figura 33

Fuente de alimentación Omron, S8VK-G06024

**Switch D-Link DES-3526**

El switch DES-3526 es un equipo de última generación que ha sido incorporado por la marca D-Link el cual entre sus principales novedades suministra al mercado características avanzadas como lo son QoS (Calidad de Servicio) y CoS (Clase de servicios), ACL y Seguridad de acceso a la red, además admite la formación de Stack con una limitación de 32 unidades gracias a que incorpora el tipo de tecnología SIM (Single IP Management).

Dado que incorpora la tecnología SIM brinda la oportunidad de tener una gestión centralizada de los diferentes equipos en el stack virtual a través de una sola dirección IP, otra característica es que se puede conseguir una densidad máxima de 768 puertos 10/100/100 y 64 puertos de 1000 Mbps esto a través de las 32 unidades mencionados anteriormente.

El diseño de este tipo de switch fue realizado fundamentalmente para las conexiones que sonde de tipo tanto departamental como empresarial, en la cuales se tiene una

combinación de prestaciones de alto nivel, además de su gran flexibilidad y un completo soporte de gestión,

Está especialmente diseñado para conexiones de tipo departamental y empresarial, combinando características funcionales de alto nivel, gran flexibilidad y soporte de gestión, cuenta con, con 24 puertos 10 / 100Mbps y 2 Gigabit Ethernet tipo COMBO que se observa en la Figura 34.

Figura 34

Switch D-Link DES-3526



Nota. Figura tomada de (D-Link, 2022).

T-port Tap Connector (Omron, DCN1-3 T-Port DeviceNet)

Tabla 7

Especificaciones T-port Tap Connector Omron DCN1-3

Especificación	DCN1-3
	Entre líneas principales: 8 A (línea de alimentación)
Corriente Nominal	2 A (línea de señal)
	Entre líneas principales y secundarias: 3 A
Resistencia de aislamiento	100 M ohms
Resistencia dieléctrica	500 V a.c.
Temperatura	0°C-55°C

Software de Desarrollo

RSLinx Classic

RSLinx Classic es un software para redes y dispositivos de Rockwell Automation es dado como solución completa para comunicaciones industriales que puede ser usado en diferentes sistemas operativos desde Windows XP hasta los sistemas operativos actuales.

RSNetWorx

RSNetWorx es una aplicación que permite obtener el máximo desempeño de las redes de ControlNet y DeviceNet de planta. En dicho programa se tiene acceso a RSNetWorx for DeviceNet el cual es un programa que te permite configurar los dispositivos DeviceNet, usando un gráfico o una hoja de representación podemos configurar todos los dispositivos en la red, en el otro caso de RSNetWorx for ControlNet es similar solo que se hará en dispositivos ControlNet.

Studio5000

Studio 5000 Logix Designer es una herramienta de programación intuitiva que permite a los usuarios cooperar en diseño y mantenimiento de los diferentes sistemas. Además, es la única aplicación que se requiere para configurar, programar y el mantenimiento de toda la familia de controladores Allen Bradley Logix 5000 y los diferentes equipos que estén asociados.

FactoryTalk View Machine Edition

Este software es una aplicación versátil de interfaz para HMI (operador-máquina) nos ayuda a desarrollar, probar e implementar todo lo requerido para una correcta interacción entre el operador y la máquina, en específico la aplicación Machine Edition permite el desarrollo de aplicaciones a nivel de máquina para procesos pequeños.

Práctica 1 Red de comunicación DeviceNet básica estación MAS-203.

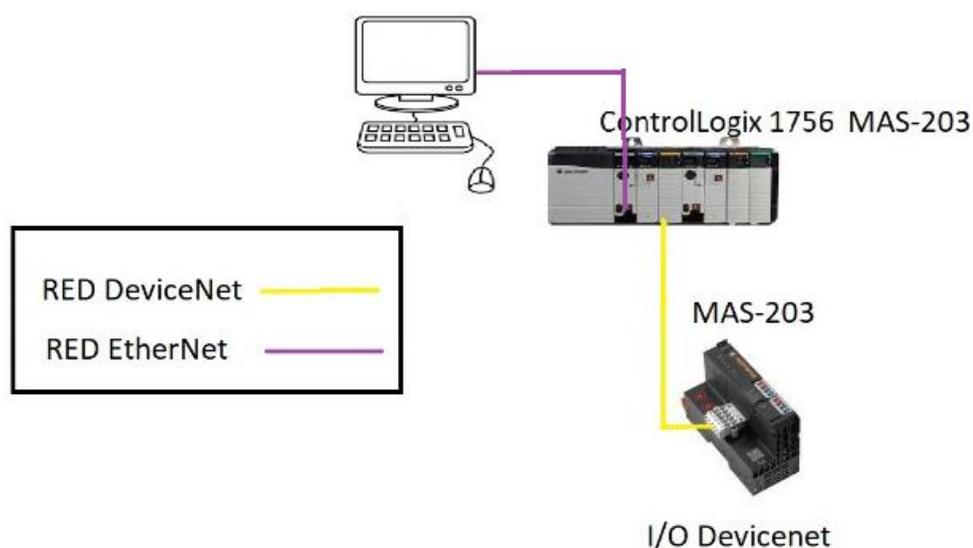
Visión General

La práctica consiste en implementar una red de comunicación DeviceNet para el funcionamiento individual de la Estación MAS-203, para ello los datos generados por los sensores y actuadores, que se encuentran conectados al distribuidor de E/S Weidmüller, deben ser receptados por el módulo DeviceNet 1756 DNB.

Esquema de la red

Figura 35

Esquema de la red implementada



Diseño de la red DeviceNet-Ethernet

En esta práctica se va a recibir los datos de los sensores y actuadores por medio de los distribuidores de E/S, estos datos son enviados al DeviceNet 1756 DNB de la estación MAS-203, el computador está conectado con la estación MAS-203, más específicamente con el módulo Ethernet 1756 EN2T mediante un cable de red Ethernet.

Componentes de Hardware.

- PLC's Allen Bradley Contrologix 1756 L71.
- Módulo DeviceNet 1756 DNB

- Módulo Ethernet 1756 EN2T
- Computador personal
- Distribuidor de entradas y salidas Weidmüller UR-20 .
- Cable Ethernet

Componentes de Software.

- RSNetWorx v28
- RSLinx v4
- Studio 5000 v30

Elementos de la red DeviceNet.

- 2 conectores DeviceNet de ramificación múltiple tipo tornillo.
- 1 cables DeviceNet.
- 2 resistencias terminales de 121 Ohm.

Elementos de la red Ethernet/IP.

- 2 conectores RJ45.
- 1 cable Ethernet UTP.

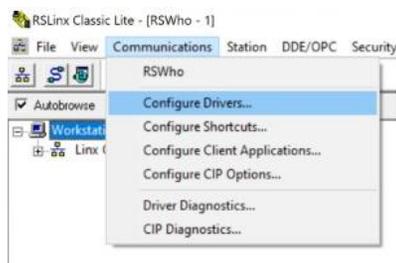
Implementación de la red Ethernet

Configuración del driver Ethernet en el software RSLinx.

- En la pestaña “Communications”, seleccione Configure Drivers.

Figura 36

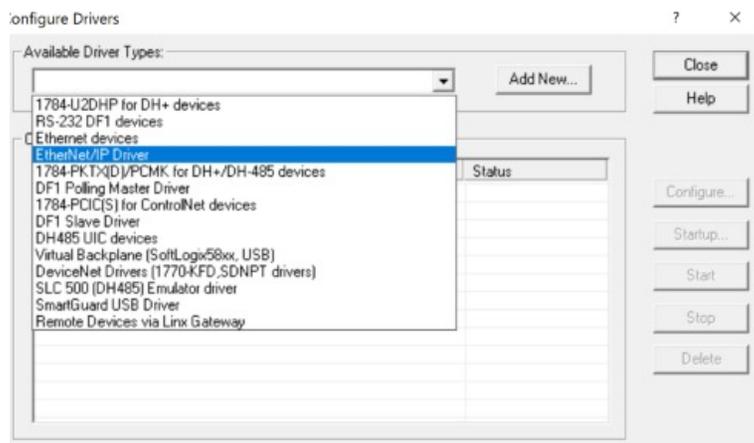
Configuración Driver Ethernet



- Una vez seleccionado Configure Driver, aparecerá un menú desplegable “Available Driver Types”, se selecciona la red Ethernet/IP Driver y dar clic en “Add New”.

Figura 37

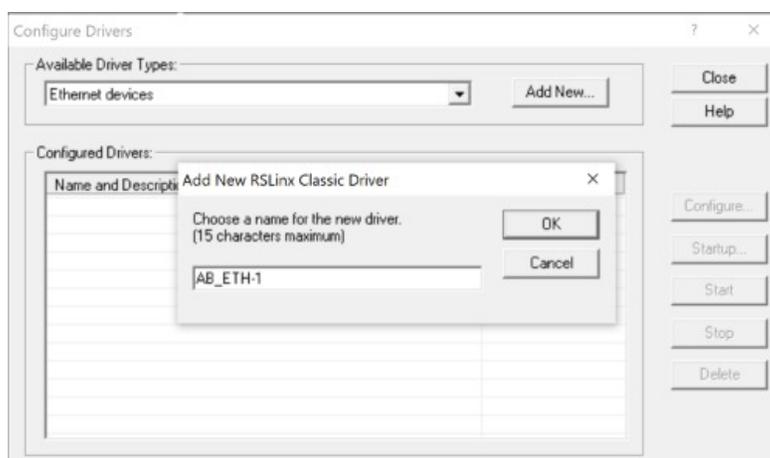
Escoger tipo de driver Ethernet/IP



- Al dar clic, aparecerá un cuadro de dialogo “Add New RSLinx Driver”, en el cual se escribirá un nombre para el nuevo driver y luego clic en OK.

Figura 38

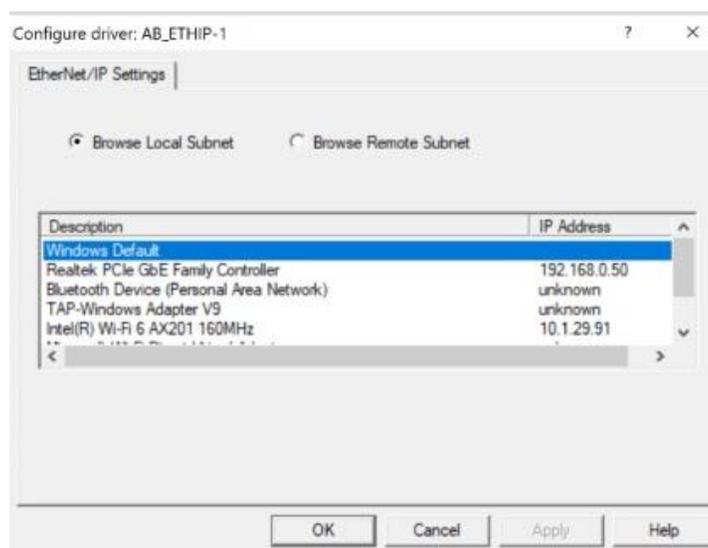
Poner en marcha el driver seleccionado



- Al dar clic en Ok, aparecerá un cuadro de dialogo “Configure Driver”, a continuación, se selecciona la opción de “Browse Local Subnet” y clic en OK para cerrar el cuadro de dialogo.

Figura 39

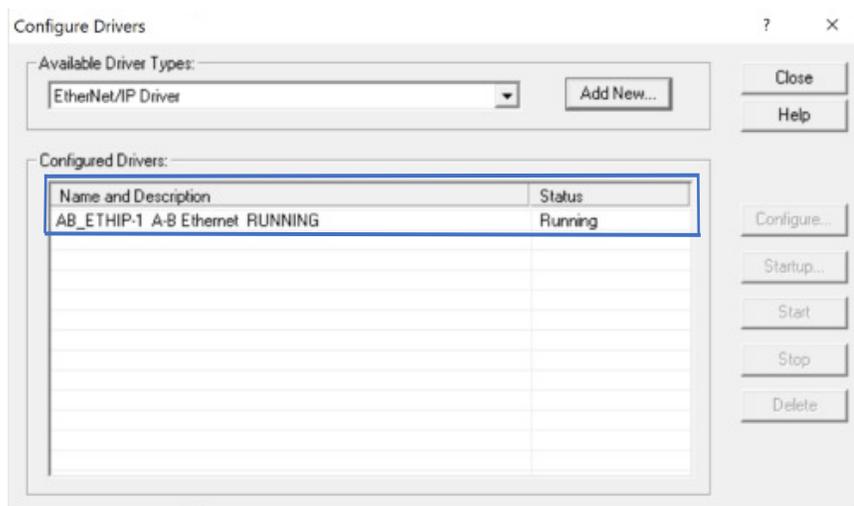
Escoger ajustes por defecto del driver



- Una vez cerrado el cuadro de dialogo se mostrará en la ventana “Configure Drivers” el driver Ethernet disponible.

Figura 40

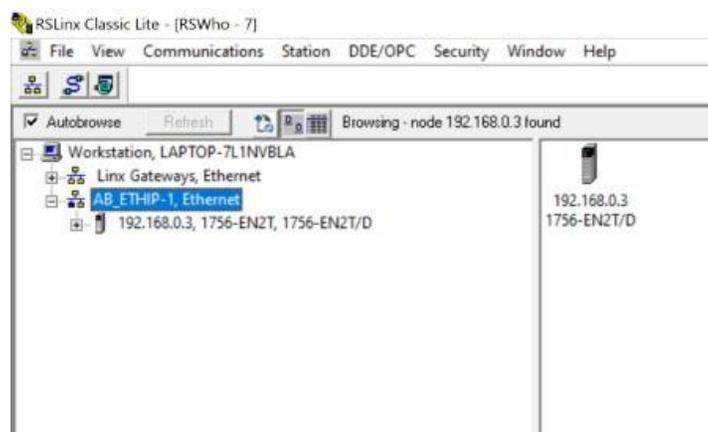
Driver Ethernet funcionando



- A continuación, se muestra el dispositivo vinculado a la red Ethernet seleccionada.

Figura 41

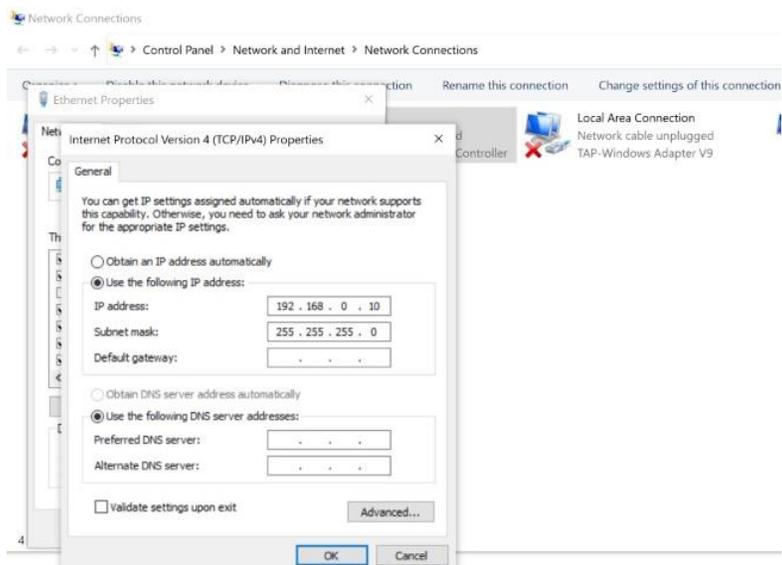
Dispositivo vinculado



Asignación de la dirección IP al computador. Para asignar un IP al computador se debe ir a la propiedades de redes de comunicación, elegir la red Ethernet, y en propiedades se coloca la dirección IP deseada.

Figura 42

Configuración dirección IP al computador

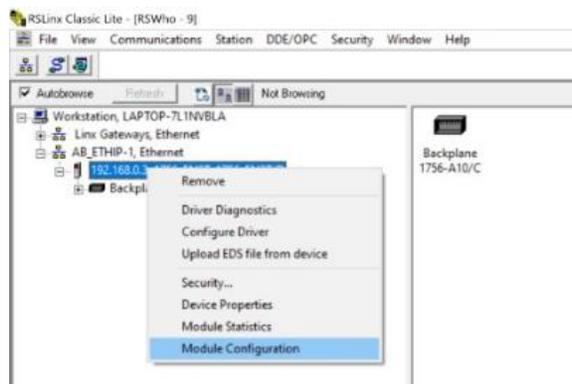


Asignación de las direcciones IP al controlador. Para configurar la red Ethernet, se requiere que cada uno de los componentes que conforman la red tengan una dirección IP, por lo tanto, se debe asignar las IPs al controlador y a los dispositivos que se requieran en la red, para lo cual se utilizó el software RSLinx para la asignación de la IP al PLC a continuación, se muestra el proceso que se debe seguir para asignar las direcciones IP mediante RSLinx.

- Abrir el software RSLinx, dirigirse a la lista de la izquierda donde se encuentran los dispositivos, se selecciona el controlador, clic derecho sobre el dispositivo y clic en "Module Configure".

Figura 43

Dispositivos vinculados a la red



- Se abrirá una ventana donde se visualiza el nombre del dispositivo y el fabricante.

Figura 44

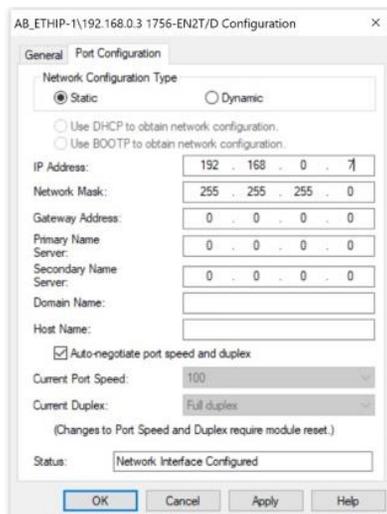
Configuración del módulo



- Dirigirse a la pestaña “Port Configuration”, para cambiar la dirección IP del dispositivo seleccionado.

Figura 45

Configuración del puerto



- Posteriormente clic en OK, aparecerá un cuadro de dialogo, dar clic en Yes para terminar el proceso de asignación de la dirección IP.

Figura 46

Finalización de la configuración



- A continuación, se muestra la IP asignada a la estación MAS-203.

Figura 47

IP asignada al dispositivo



En la Tabla 6 se muestra la direcciones IP y MAC de los dispositivos que conforman la red Ethernet.

Tabla 8

Direcciones IP y MAC

Dispositivo	Dirección IP	Dirección MAC
Computador	192.168.0.10	F0:2F:74:46:ED:07
PLC ControlLogix (Estación 3)	192.168.0.3	00:1D:9C:DE:84:91

Implementación de la red DeviceNet

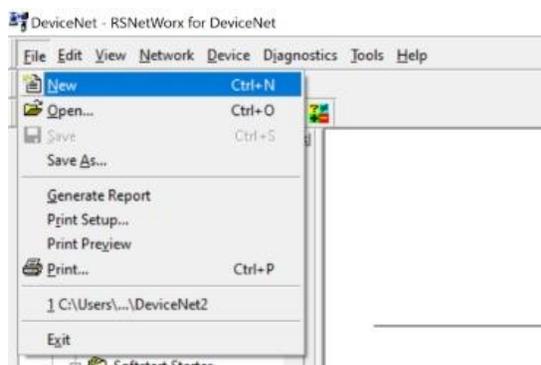
Para la implementación de esta práctica, se requiere la conexión del cable DeviceNet del distribuidor de E/S al módulo DeviceNet de las estación 3.

Configuración de la red DeviceNet a través de una red Ethernet. Para realizar la configuración de la red DeviceNet, se debe tener instalado un módulo Ethernet/IP en el chasis del PLC ControlLogix 1756 L71.

- Iniciar el software RSNetworx.
- Dentro del software RSNetworx diríjase al menú File y seleccione New, a continuación, aparecerá un cuadro de dialogo.

Figura 48

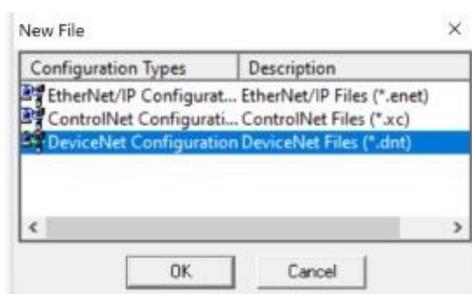
Crear un nuevo archivo de configuración



- Seleccione DeviceNet Configuration y haga clic en OK.

Figura 49

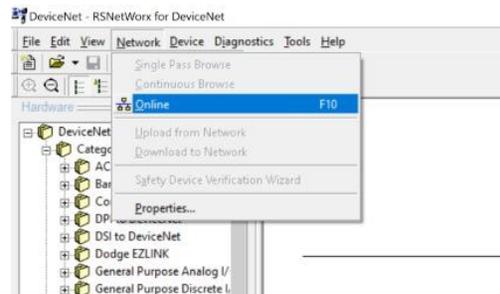
Selección del tipo de configuración DeviceNet



- Dirijase a la barra de herramientas y seleccione el botón Online, se abrirá la ventana BrowseforNetwork con los drivers disponibles.

Figura 50

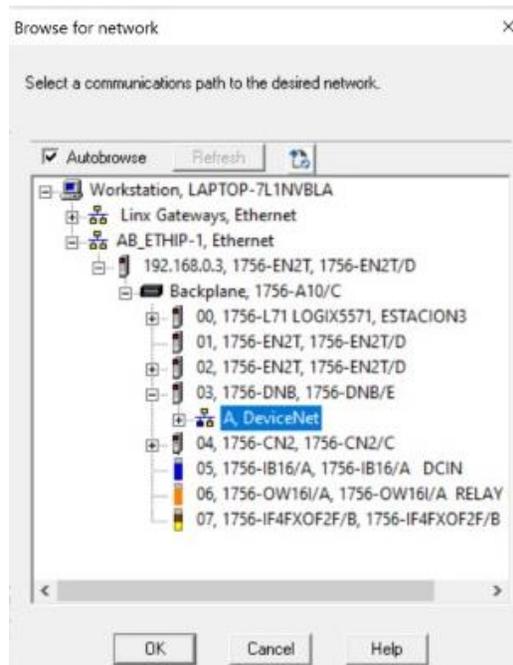
Modo online para escaneo de red



- Seleccione el icono “+” ubicada junto al driver Ethernet para poder expandirlo.
- Dirijase donde se encuentre la red DeviceNet.

Figura 51

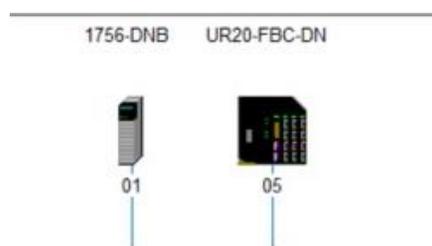
Selección de la ruta de comunicación



- Dar clic en el botón ok para acceder a la ruta de acceso, el sistema le solicitará que cargue o descargue para acceder en línea.
- Haga clic en OK para entrar en línea, cuando el software haya terminado con la búsqueda, se mostrará una pantalla similar a la mostrada a continuación.

Figura 52

Dispositivos conectados a la red DeviceNet



- Una vez se tenga los dispositivos disponibles en la red, dar doble clic en el módulo DeviceNet 1756-DNB, a continuación, se mostrará la siguiente ventana.

Figura 53

Configuración general del módulo DeviceNet 1756 DNB



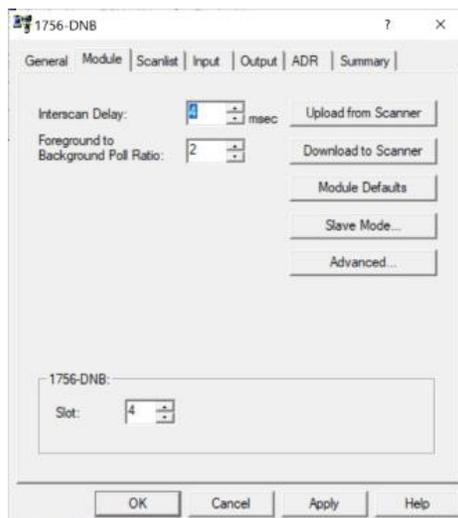
- Seleccionar la pestaña “Module”, después el sistema solicitará que cargue o descargue la configuración, dar clic en Upload.

Figura 54

Carga o descarga de la configuración del módulo



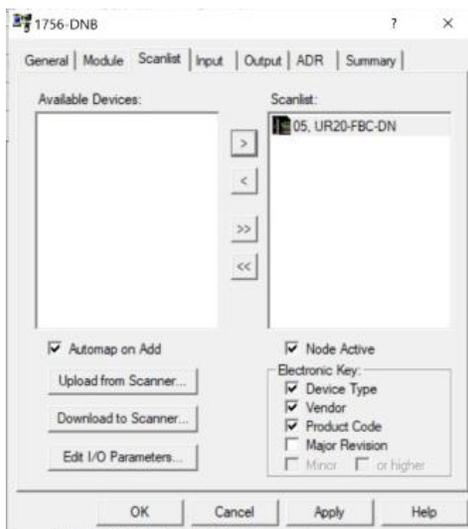
- Una vez cargada la configuración aparecerá la siguiente ventana, verificar el número de slot del módulo DeviceNet 1756-DNB.

Figura 55*Configuración del módulo*

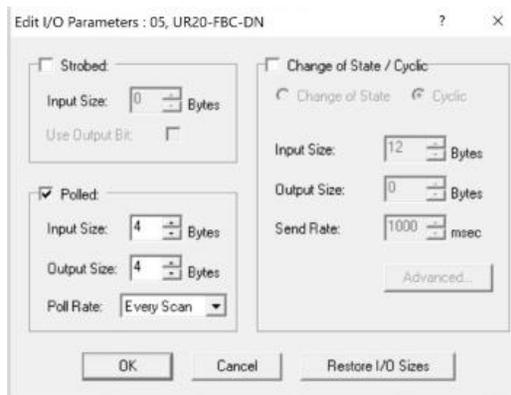
- A continuación, se selecciona la pestaña Scanlist, en la cual se mostrará el dispositivo disponible.

Figura 56*Dispositivos disponibles para Scanlist*

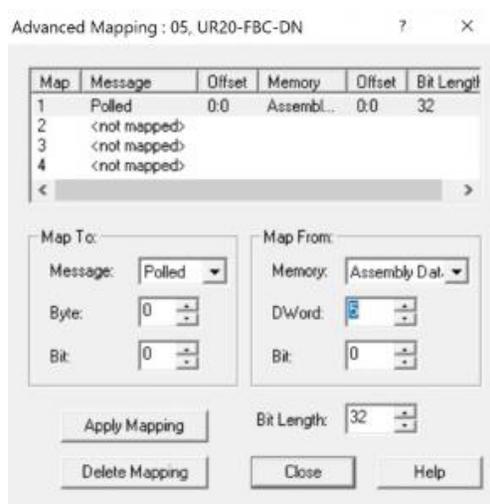
- Los dispositivos situados a la izquierda de la pestaña Scanlist se desplazará a la lista de la derecha llamada "Scanlist".

Figura 57*Pestaña Scanlist*

- Seleccionar el dispositivo disponible de la red, clic en Edit I/O Parameters, para configurar el número de bytes enviados de entrada y salida, en el manual de usuario del dispositivo de E/S remotas detalla que se requieren 4 bytes para entradas y 4 bytes para salidas.

Figura 58*Parámetros de Entrada y Salida*

- A continuación, se asigna la dirección de entrada y salida al distribuidor de la estación MAS-203.

Figura 59*Mapeo de Entradas y Salidas del módulo DeviceNet de la estación MAS-203*

En la tabla 7 se muestra la dirección que posee el distribuidor de E/S y el mapeo de entradas y salidas del módulo, esto se realiza para asignar las mismas direcciones en los programas Ladder.

Tabla 9

Asignación de direcciones y mapeo de entradas y salidas de la estación MAS-203

Estación	Dirección del distribuidor	Mapeo de Entradas y Salidas
MAS-203	5	5

Práctica 2 Red de comunicación Ethernet-DeviceNet sistema MAS-200

Visión General

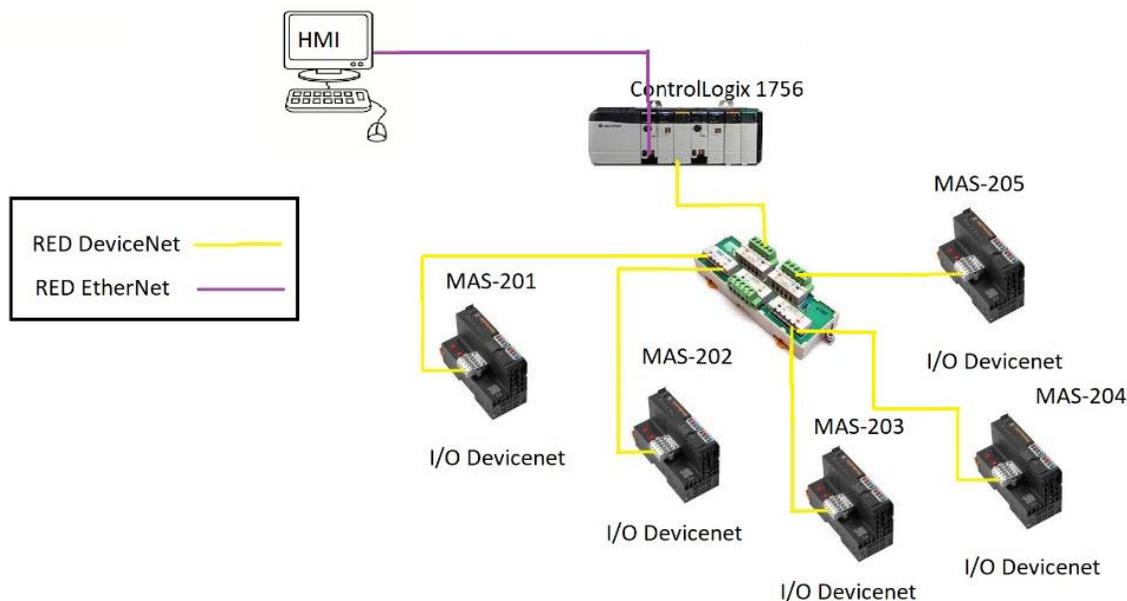
La guía consiste en implementar una red de comunicación Ethernet-DeviceNet, para la interconexión de los módulos que conforman el sistema MAS-200, para lo cual se plantea el uso de un PLC ControlLogix 5000 L71 de Allen Bradley que posee un módulo de comunicación para DeviceNet 1756 DNB, el cual recibe la información de un T-port DeviceNet donde se encuentran conectados los distribuidores de E/S que reciben las señales de los sensores y actuadores de cada una de las estaciones del MAS-200.

Además de la realización de un HMI de control y supervisión del funcionamiento del sistema MAS-200 realizada en el software Factory Talk View, el mismo debe poseer un modo de marcha de preparación que consiste en el control de la estación central, este modo permite la activación o desactivación de los actuadores neumáticos, los cuales permiten realizar movimientos del plato giratorio, y así poner la estación central en posición inicial, además contiene una interfaz de visualización para el monitoreo de las estaciones del sistema MAS-200 en tiempo real.

Esquema de la red

Figura 60

Esquema de la red implementada



Diseño de la red Ethernet. La red Ethernet fue diseñada y configurada para la conexión de los dispositivos que utilizan esta red como son el PLC ControlLogix 5000 de la estación MAS-205 y el computador.

Componentes Hardware.

- Cable de red UTP
- Módulo Ethernet 1756 EN2T

Componentes de software

- RSLinx v4

Asignación de IP al PLC. Para la asignación de la IP realizamos el proceso detallado en la Práctica 1, el cual muestra los pasos para asignar una dirección a un dispositivo, de igual manera al computador.

En la siguiente tabla se muestra las direcciones IP y MAC asignadas a los dispositivos conectados a la red.

Tabla 10

Direcciones IP y MAC de los dispositivos conectados a la red

Dispositivo	Computador	PLC ControlLogix (Estación 3)
Dirección IP	192.168.0.10	192.168.0.3
Dirección MAC	F0:2F:74:46:ED:07	00:1D:9C:DE:84:91

Figura 61

Dirección IP del PLC de la estación MAS-205



Diseño de la red DeviceNet. La red DeviceNet está diseñada para conectar los diferentes sensores y actuadores de las estaciones, provenientes del distribuidor de E/S con el T-port Tap DeviceNet, y de esta manera transmitir la información proveniente de las estaciones del sistema MAS-200 al PLC de la estación central, para así llegar a la integración del sistema.

Componentes de Hardware.

- PLC Allen Bradley Contrologix 1756.

- Modulo DeviceNet 1756 DNB
- Distribuidor de entradas y salidas Weidmüller UR-20.
- T-port Tap DeviceNet Omron DCN1-3.

Componentes de Software

- RSNetWorx for DeviceNet v28
- Studio 5000 v30

Topología de Red. En el diseño de la red DeviceNet, se usó la topología tipo árbol debido a que todos los cables DeviceNet, provenientes de los distribuidores de E/S, deben ser conectados al T-port Tap DeviceNet, esta conexión se lo realiza mediante cable redondo thick.

Elementos de la red DeviceNet. Como se mencionó anteriormente se usará una topología del tipo estrella, para lo cual se necesita los siguientes elementos.

- 1 T-port Tap DeviceNet.
- 8 conectores DeviceNet de ramificación multiple tipo tornillo.
- 4 cables DeviceNet.
- 8 resistencias terminales de 121 Ohm.

Cableado de la red DeviceNet. El cable usado es cable redondo grueso (Thick), los cables rojo y negro es para la alimentación, los cables azul y blanco para señal, por último, un cable que sirve de tierra.

Figura 62

Cable DeviceNet utilizado tipo delgado



Los conectores para DeviceNet depende del tipo de dispositivo, por lo tanto, se establece conectores con conexión por tornillo que permite la conexión de forma manual, se lo hizo de esta manera por las características del controlador.

Figura 63

Conectores para DeviceNet conexión por tornillo



Además, se debe poner resistencias de terminación de 121 ohmios en cada uno de los conectores DeviceNet.

Implementación de la red DeviceNet

Para la implementación de esta práctica, se requiere la conexión de los cables DeviceNet, por un lado, a los distribuidores de E/S de cada estación del sistema MAS-200 y por

el otro al T-port Tap DeviceNet, además de la red Ethernet que se encuentra configurada anteriormente.

Figura 64

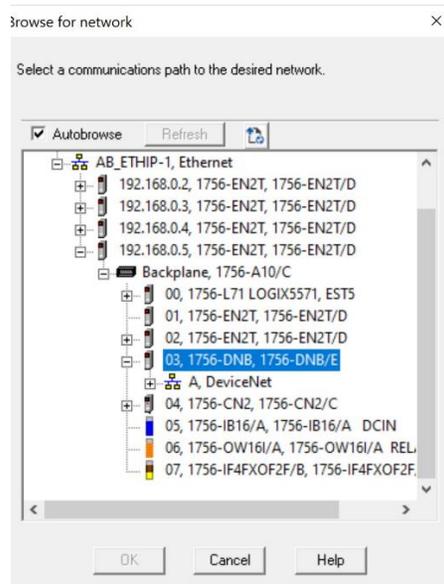
Conexión de todos los distribuidores de E/S al T-Port Tap



Configuración de los módulos.

Configuración de la red DeviceNet a través de una red Ethernet. Para realizar la configuración de la red DeviceNet, se debe tener instalado un módulo Ethernet en el chasis del PLC ControlLogix, el inicio de este proceso esta explicado en la Practica 1.

- Iniciar el software RSNetWorx.
- Dentro del software RSNetWorx diríjase al menú File y seleccione New, a continuación, aparecerá un cuadro de dialogo.
- Seleccione DeviceNet Configuration y haga clic en OK.
- Diríjase a la barra de herramientas y seleccione el botón Online, se abrirá la ventana BrowseforNetwork con los drivers disponibles.
- Seleccione el icono “+” ubicada junto al driver Ethernet para poder expandirlo.
- Diríjase donde se encuentre la red DeviceNet y selecciónela.

Figura 65*Selección de la ruta de comunicación*

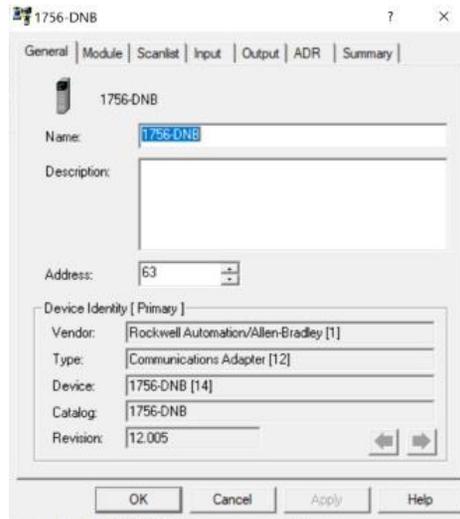
- Dar clic en el botón ok para acceder a la ruta de acceso, el sistema le solicitará que cargue o descargue para acceder en línea.
- Haga clic en OK para entrar en línea, cuando el software haya terminado con la búsqueda, se mostrará una pantalla similar a la mostrada a continuación.

Figura 66*Dispositivos conectados a la red DeviceNet*

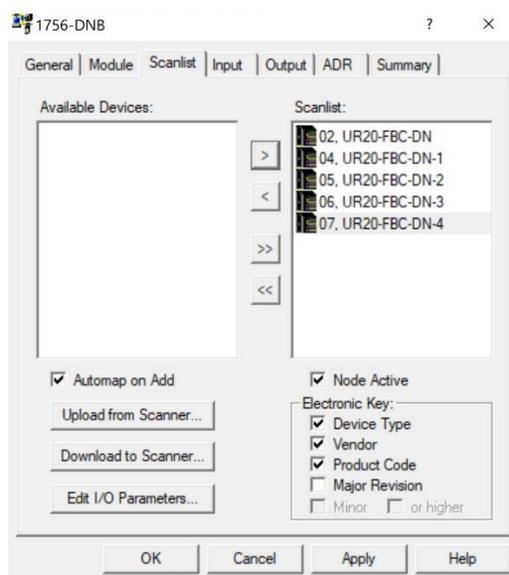
- Una vez se tenga los dispositivos disponibles en la red, dar doble clic en el módulo DeviceNet 1756-DNB, a continuación, se mostrará la siguiente ventana.

Figura 67

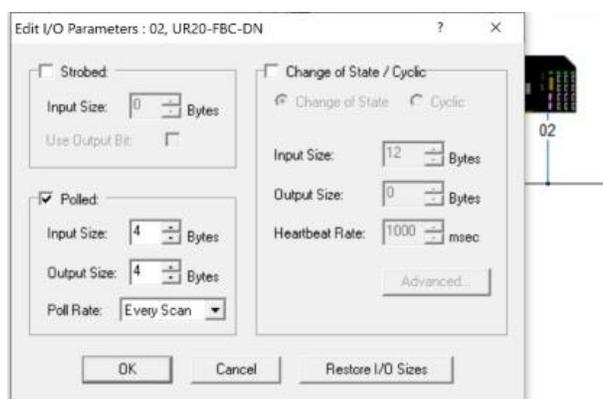
Configuración del módulo DeviceNet 1756 DNB



- Seleccionar la pestaña “Module”, después el sistema solicitará que cargue o descargue la configuración, dar clic en Upload.
- Una vez cargada la configuración aparecerá la siguiente ventana, verificar el número de slot del módulo DeviceNet 1756-DNB.
- A continuación, se selecciona la pestaña Scanlist, en la cual mostrará los dispositivos disponibles, los cuales se desplazará a la lista de la derecha llamada “Scanlist”.

Figura 68*Pestaña Scanlist*

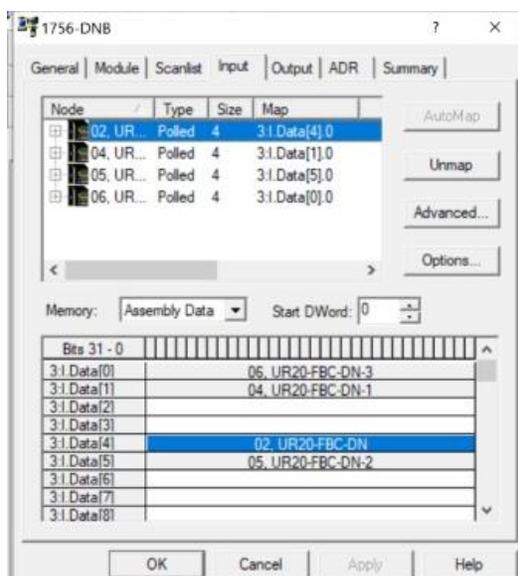
- Seleccionar el dispositivo disponible de la red, clic en Edit I/O Parameters, para configurar el número de bytes enviados de entrada y salida, en el manual de usuario del dispositivo de E/S remotas detalla que se requieren 4 bytes para entradas y 4 bytes para salidas.

Figura 69*Parámetros de Entrada y Salida*

- A continuación, se asigna la dirección de entrada y salida de cada uno de los distribuidores a los que están conectados los diferentes módulos que conforman el sistema MAS-200.

Figura 70

Datas de entrada y salida



- Se da clic en OK, de la misma manera se realiza este proceso con el resto de distribuidores para terminar de configurar la red, a continuación, en la Tabla se muestra la asignación del mapeo de los distribuidores de las estaciones del MAS-200, para asignar las mismas direcciones en los programas Ladder para no tener inconvenientes en un futuro.

Tabla 11

Asignación de direcciones y mapeo de entrada/salidas de cada módulo

Estación	Dirección del distribuidor	Mapeo de entradas y salidas (Data)
MAS-201	2	4
MAS-202	6	0
MAS-203	5	5
MAS-204	7	7
MAS-205	4	1

Práctica 3 Red de comunicación Ethernet-DeviceNet usando modelo Productor-Consumidor sistema MAS-200

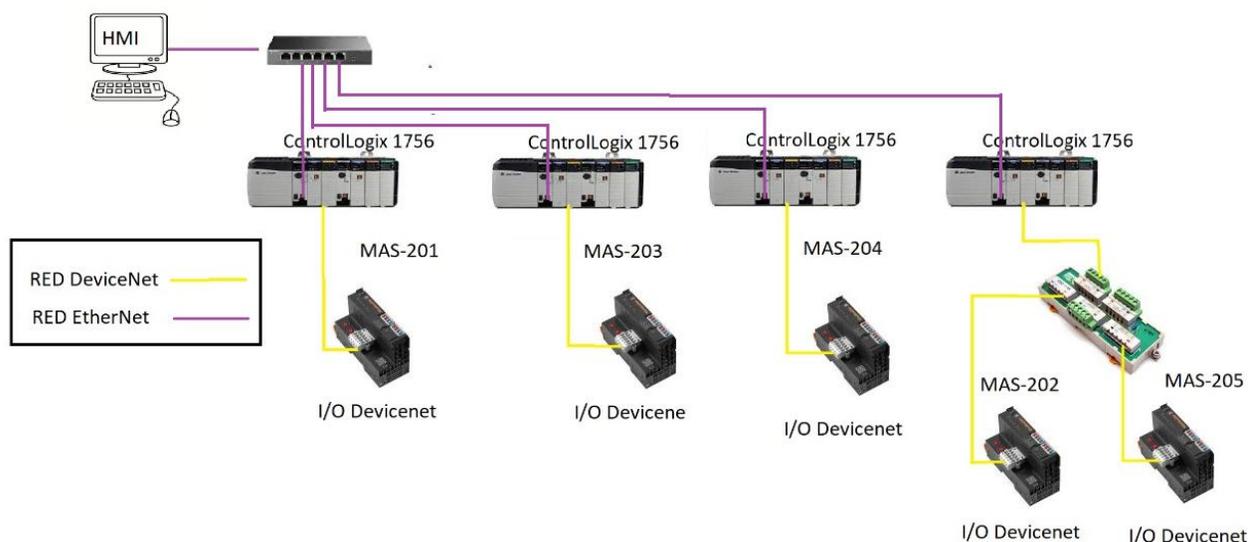
Visión General

La práctica consiste en implementar una red de comunicación Ethernet-DeviceNet usando el modelo Productor/Consumidor, para él envío de la información generada por cada una de las estaciones que conforman el sistema MAS-200, para ello los datos generados por los sensores y actuadores, que se encuentran conectados al distribuidor de E/S, deben ser receptados por los módulos DeviceNet 1756 DNB, y así enviar esta información por medio de los módulos Ethernet 1756 DNB EN2T, para la posterior coordinación utilizando el modelo Productor/Consumidor.

Esquema de la red

Figura 71

Esquema de la red implementada



Diseño de la red Ethernet. Esta red fue diseñada y configurada para conectar los diferentes controladores ControlLogix 5000 a través del módulo de comunicación Ethernet/IP y un switch comercial, todo esto con el fin de poder comunicar las diferentes estaciones para así llegar a la integración del sistema, además de tener un nivel de supervisión mediante la comunicación con el HMI.

Componentes de hardware

- Módulos Ethernet 1756 EN2T
- Cable de red UTP
- Switch Ethernet D-Link DES-3626

Componentes de software

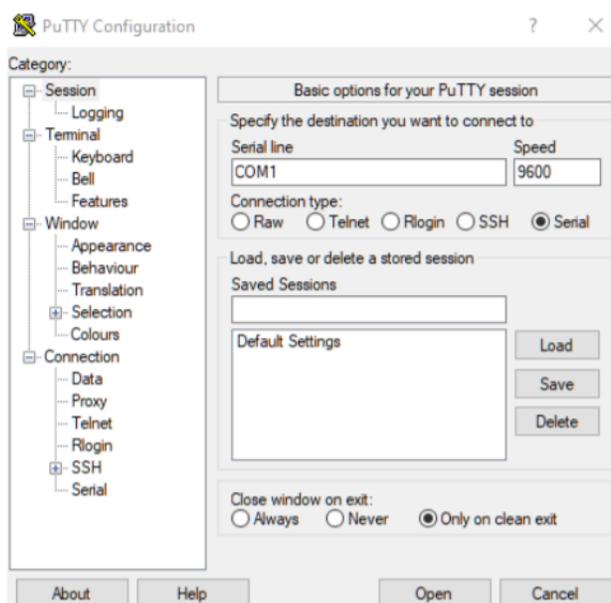
- RSLinx v4
- PuTTY

Asignación de direcciones IP al switch. Para la asignación de la dirección IP al switch se hará uso al software PuTTY el cual admite algunos protocolos de red, además puede conectarse a un puerto serie para configuración de red, para la asignación de la IP al switch se describe a continuación:

- Se conecta el cable de consola al switch y al pc para iniciar la configuración.
- Se selecciona el puerto COM la velocidad y el tipo de conexión en PuTTY.

Figura 72

Asignación de la IP al switch usando PuTTY



Asignación de las IPs a los PLC's. Se debe identificar a todos los PLC con una dirección IP, esto se lo realiza a través del software RSLinx, este proceso esta explicado anteriormente en la Práctica 1, a continuación, se muestra en la tabla , las direcciones IP asignadas a cada PLC.

Tabla 12*Direcciones IP y MAC*

Dispositivo	Dirección IP	Dirección MAC
Computador	192.168.0.10	
PLC Estación 1	192.168.0.1	00:1D:9C:DD:2C:31
PLC Estación 3	192.168.0.3	00:1D:9C:DE:84:91
PLC Estación 4	192.168.0.4	00:1D:9C:DE:84:90
PLC Estación 2 y 5	192.168.0.5	00:1D:9C:DE:5D:F9

Diseño de la red DeviceNet. De la misma manera que en “Red de comunicación Ethernet-DeviceNet”, se va a recibir los datos de los sensores y actuadores por medio de los distribuidores de E/S, estos datos son enviados a los módulos DeviceNet 1756 DNB de cada estación, en el caso de la estación 2 y 5, los distribuidores de E/S están conectados al T-port Tap DeviceNet, y de la misma manera conectado al módulo DeviceNet, toda la información proveniente de las estaciones del sistema MAS-200 debe ser enviada por medio de los módulos Ethernet que se encuentran conectados a un switch, se debe usar el modelo Productor/Consumidor para la sincronización y puesta en marcha del sistema.

Componentes de Hardware.

- PLC's Allen Bradley Contrologix 1756 L71.
- Módulos DeviceNet 1756 DNB
- Computador personal
- Distribuidor de entradas y salidas Weidmüller UR-20 .
- T-port Tap DeviceNet Omron DCN1-3

Componentes de Software.

- RSNetWorx v28
- Studio 5000 v30
- Factory Talk View Studio v11

Topología de Red. En el diseño de la red, se usó la topología tipo estrella debido a que todas las estaciones que conforman el sistema MAS-200 se encuentran conectados a un solo switch D-Link, la información es enviada por medio de los módulos Ethernet de cada estación, en las cuales se encuentran los módulos DeviceNet que reciben la información de los sensores y actuadores a través de los distribuidores de entradas y salidas.

Elementos de la red DeviceNet.

- 1 T-port Tap DeviceNet.
- 8 conectores DeviceNet de ramificación múltiple tipo tornillo.
- 4 cables DeviceNet.
- 8 resistencias terminales de 121 Ohm.

Elementos de la red Ethernet.

- 1 switch Ethernet D-Link DES-3626
- 5 cables Ethernet

Implementación de la red DeviceNet

Para la implementación de esta práctica, se requiere la conexión de los cables DeviceNet los distribuidores a los módulos DeviceNet de las estaciones 1-3-4, por su parte de la estación 2 y 5, los distribuidores están conectados a un T-port Tap DeviceNet, el mismo se encuentra conectado al PLC de la estación central, toda la información se envía por medio de los módulos Ethernet a un switch el cual sirve como nodo central, el cual canaliza toda la información.

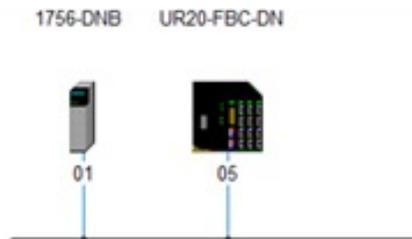
Configuración de los módulos.

Configuración de la red DeviceNet a través de una red Ethernet. Para realizar la configuración de la red DeviceNet, se debe tener instalado un módulo Ethernet en el chasis del PLC ControlLogix, el inicio de este proceso esta explicado en la Practica 1.

- Mediante software RSNetWorx se realiza el escaneo de los dispositivos conectados a la red DeviceNet, en la Figura 73, se muestra los dispositivos conectados.

Figura 73

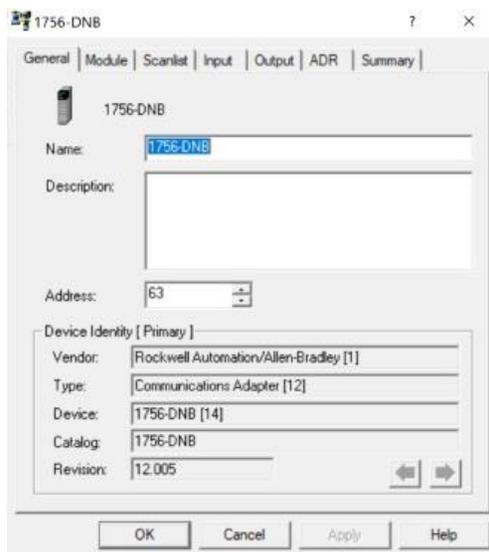
Dispositivos conectados a la red DeviceNet



- Una vez se tenga los dispositivos disponibles en la red, se da doble clic en el módulo DeviceNet 1756-DNB, a continuación, se mostrará la siguiente ventana.

Figura 74

Configuración módulo 1756 DNB



- Se selecciona la pestaña "Module", después el sistema solicitará que cargue o descargue la configuración, en la cual se da clic en Upload.

Figura 75

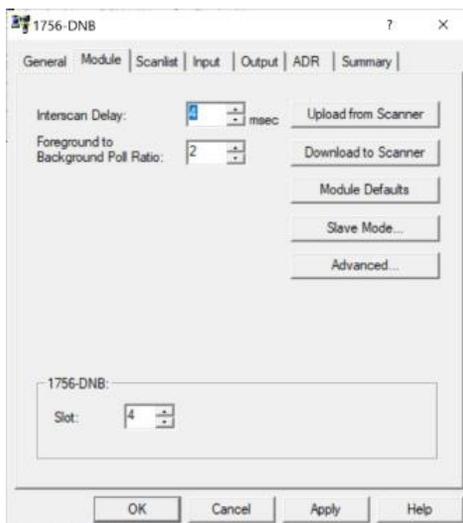
Carga o descargar configuración módulo



- Una vez cargada la configuración aparecerá la siguiente ventana donde se verifica el número de slot del módulo DeviceNet 1756-DNB.

Figura 76

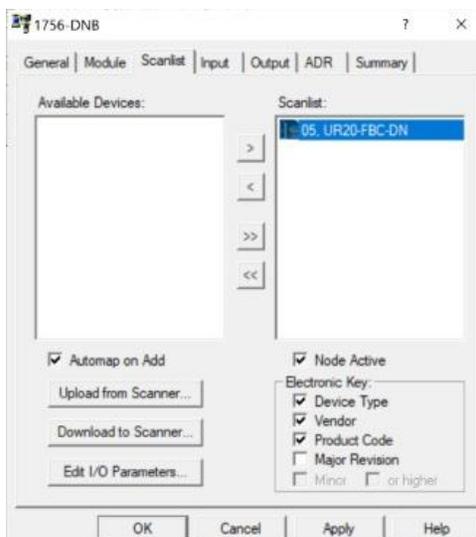
Configuración módulo



- A continuación, se selecciona la pestaña Scanlist, en la cual mostrará los dispositivos disponibles, se tendrá que desplazar a la lista de la derecha llamada "Scanlist".

Figura 77

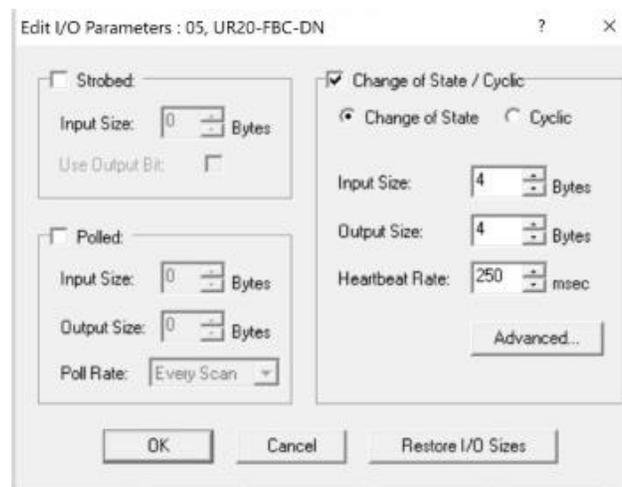
Pestaña Scanlist



- Se selecciona el dispositivo disponible de la red, clic en Edit I/O Parameters, para configurar el número de bytes enviados de entrada y salida, en el manual de usuario del dispositivo de E/S remotas detalla que se requieren 4 bytes para entradas y 4 bytes para salidas.

Figura 78

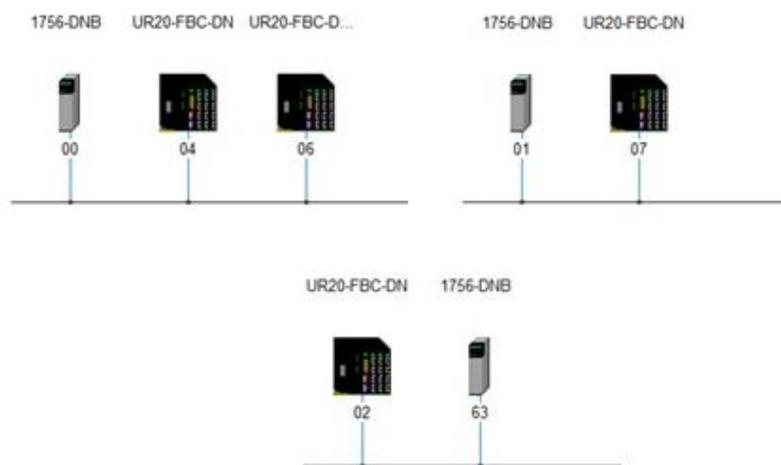
Parámetros de Entrada y Salida



- A continuación, clic en OK, y estaría configurada la red DeviceNet, este proceso se lo realiza para el resto de PLC's que conforman la red DeviceNet como se muestra en la Figura 79.

Figura 79

Dispositivos conectados a la red DeviceNet



Comunicación de los módulos a través del modelo Productor/Consumidor.

Para la integración de todo el sistema MAS-200 que serían los cuatro controladores existentes y la computadora donde se encuentra el HMI se seguirá el modo de Productor/Consumidor.

Para la correcta comunicación se debe configurar tanto los tags producidos como los tags consumidos. Los tags producidos son aquellos tags que cada controlador pone a disposición para que los demás controladores puedan usarlos, por lo cual estos tags pueden ser enviados al mismo tiempo a diferentes controladores, mientras que los tags consumidos son los que reciben los datos por parte del tag producido.

Para generar estos tags producidos y consumidos se debe ir a la parte del programa llamado "Controller tags" posteriormente "Edit tags" y generar las variables producidas y consumidas dependiendo de cada una de las estaciones.

En el caso de la estación MAS-205 se requiere generar tres variables producidas que serán consumidas por las estaciones MAS-201, MAS-203 y MAS-204.

Figura 80

Variables producidas estación MAS-205

# Producida_E1			DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
# Producida_E3			DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
# Producida_E4			DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
						<input type="checkbox"/>	

Monitor Tags Edit Tags

Mientras que para las consumidas donde se requiere el estado de las posiciones de cada pieza y que tenga un funcionamiento adecuado todas las estaciones se lo hace mediante la lista de tags consumidas.

Figura 81

Variables consumidas estación MAS-205

Controller Tags - EST5(controller)								
Scope:		EST5	Show:		All Tags			
Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Acce	Constan	Style	
# Consumida_E1		PLC_E1:Producida_E5	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
# Consumida_E1_Ti...		PLC_E1:Producida_E5_...	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
# Consumida_E1_un...		PLC_E1:Producida_E5_...	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
# Consumida_E3		PLC_E3:Producida_E5	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
# Consumida_E3_Ti...		PLC_E3:Producida_E5_...	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
# Consumida_E4		PLC_E4:Producida_E5	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
# Consumida_E4_Ti...		PLC_E4:Producida_E5_...	DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	

Por lo tanto, en las otras estaciones se deben producir los tags que serán consumidas por la estación 5 y además en cada estación se consumirá el tag producido por la estación 5.

Para la explicación se toma en cuenta a la programación de la estación 3 donde existen dos tags producidos.

Figura 82

Variables producidas Estación MAS-203

* Local:6:C			AB:1756_D...	Read/Write	<input type="checkbox"/>	
* Local:6:I			AB:1756_D...	Read/Write	<input type="checkbox"/>	
* Local:6:O			AB:1756_D...	Read/Write	<input type="checkbox"/>	
* Local:7:C			AB:1756_I...	Read/Write	<input type="checkbox"/>	
* Local:7:I			AB:1756_I...	Read/Write	<input type="checkbox"/>	
* Local:7:O			AB:1756_I...	Read/Write	<input type="checkbox"/>	
* Producida_E5			DINT	Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
* Producida_E5_Ciclo			DINT	Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal

Monitor Tags Edit Tags

Mientras que se tendrá un tag consumido como se muestra a continuación.

Figura 83

Variable consumida Estación MAS-203

Controller Tags - ESTACION3(controller)								
Scope:		ESTACION3	Show:		All Tags			
Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Acce	Constan	Style	
* C_PiezaPerdida			COUNTER		Read/Write	<input type="checkbox"/>		
* Consumida_E5		PLC_E5:Producida_E3	DINT		Read/Write	<input checked="" type="checkbox"/>	Decimal	
* dp2			DINT		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E00			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E0			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E1			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E2			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E3			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E4			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E5			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E6			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E7			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E8			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	
E9			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal	

Y esto mismo será para las demás estaciones.

Nota: Cabe recalcar que todas las estaciones producirán y consumirán tags por lo cual al ser consumidores es necesario que se agreguen los módulos Ethernet tanto el propio de la estación como el de los módulos producidos para la existencia de la comunicación entre las variables tanto producidas como consumidas, como se detalla a continuación.

Practica 4 Red de comunicación Ethernet-ControlNet-DeviceNet usando modelo

Productor-Consumidor sistema MAS-200

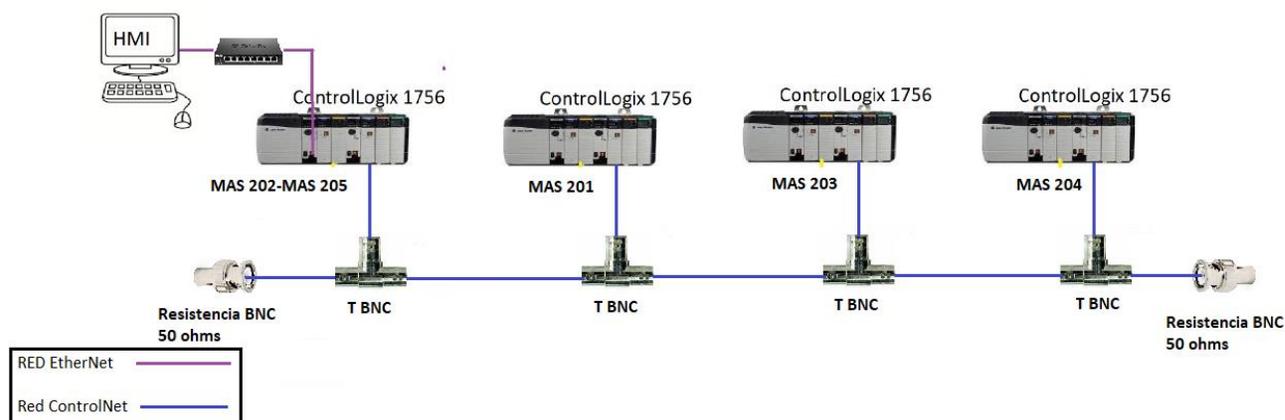
Visión General

La práctica consiste en implementar una nueva red industrial con la utilización de los módulos de comunicación ControlNet DNB CN2 de Allen Bradley, esta red intercambiara los datos entre los PLCs de cada estación del sistema MAS-200 utilizando el modelo de comunicación Productor-Consumidor, además se utilizará las redes anteriormente configuradas que son DeviceNet para la comunicación con los módulos de entradas y salidas distribuidas de cada estación y la red Ethernet para la parte de supervisión la cual tendrá comunicación con el HMI desarrollado.

Esquema de la red

Figura 84

Esquema de la red implementada



Topología de red. En el diseño de la red ControlNet se escogió la topología tipo bus debido a que el fabricante define que la topología básica consiste en una línea troncal de cable coaxial RG-6 de 75 ohms.

Componentes de la red ControlNet. Esta red se configura como una red para el nivel de control de alta velocidad en tiempo real, la cual permite cualquier topología, pero la más utilizada es la tipo bus que se indicó en el ítem anterior.

Para el desarrollo de esta red se requiere los siguientes elementos.

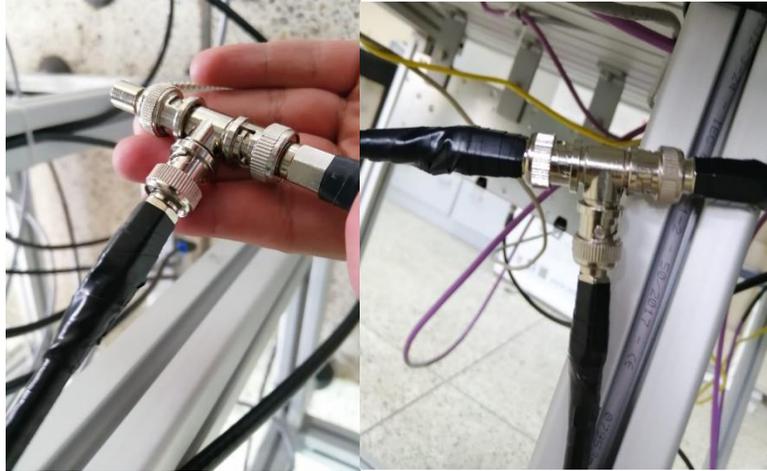
- 4 Tap tipo T con conector BNC hembra.
- 16 conectores BNC
- 4 cables Coaxiales RG-6 de 75 ohm
- 2 resistencias de término BNC de 75 Ohm.

Cables y Conectores. Para la red ControlNet se recomienda la utilización de un cable coaxial RG-6 el cual tiene como principal característica una impedancia de 75 ohms, además este tipo de cables está formado por varias capas de aislamiento para una inmunidad a ruidos electromagnéticos.

Para los conectores se utilizan tipo barril BNC, diseñados para la conexión a la red troncal, además del uso de taps Tipo T con conector hembra que son componentes eléctricamente pasivos los cuales permiten el acoplamiento a la línea troncal de otros nodos, y finalmente se tiene unas resistencias de término tipo BNC los cuales cierran el nodo de la red ControlNet las cuales deben ser de 75 ohms, pero por la escasez del elemento se ubicaron unas resistencias de 50 ohms.

Figura 85

Cables y terminales de la red ControlNet implementada

***Implementación de la red ControlNet***

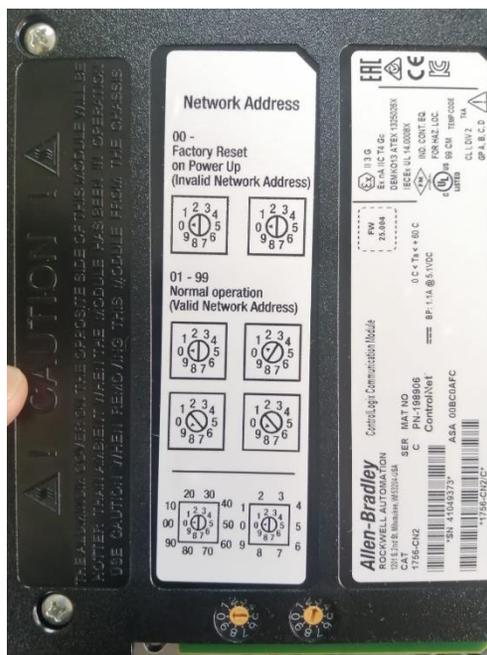
En la implementación de esta práctica se requiere el funcionamiento de la red DeviceNet para la entradas y salidas distribuidas además de la red Ethernet para la parte de supervisión, lo cual está configurado en la práctica anterior.

Configuración de los módulos.

Asignación de las direcciones de los módulos ControlNet 1756 CN2. Para asignar las direcciones de los módulos ControlNet se debe retirar el módulo del chasis del controlador, en la parte lateral del módulo se encuentran dos pequeños selectores, los cuales con un pequeño destornillador se gira para asignar la dirección de nodo de cada módulo.

Figura 86

Módulo ControlNet 1756 CNB



A continuación, se detalla las direcciones que se ha seleccionado para cada uno de los módulos ControlNet de las diferentes estaciones.

Tabla 13

Direcciones asignadas módulos ControlNet 1756 CN2

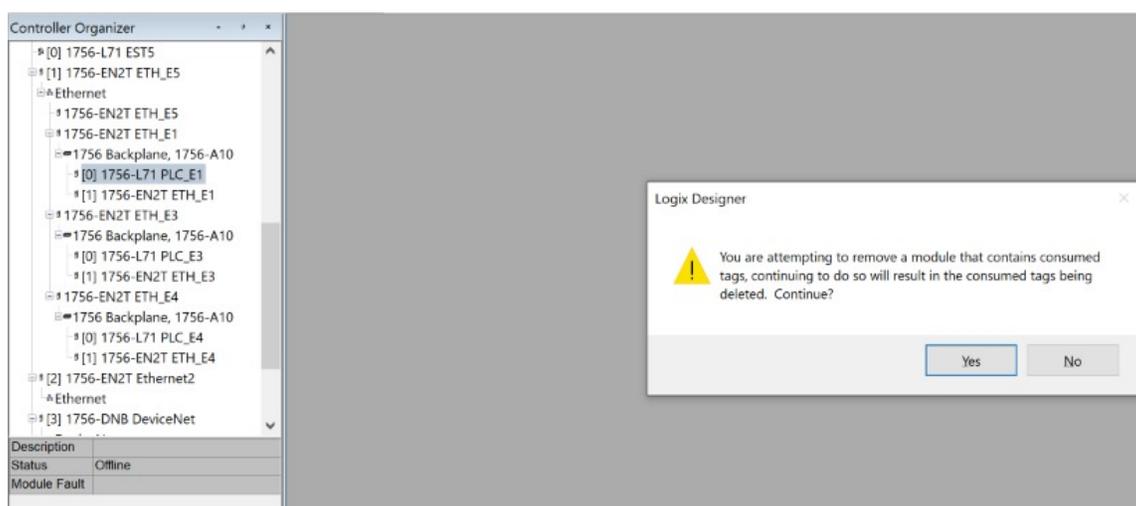
Estación	Dirección
MAS-201	01
MAS-203	03
MAS-204	04
MAS-205	05

Configuración de los módulos ControlNet en Studio5000. Para configurar los módulos ControlNet se debe seguir los siguientes pasos:

- En primer lugar, se debe borrar o remover los módulos Ethernet que no forman parte del chasis de cada estación, los cuales se encuentran en la sección “Controller Designer”, ya que se va a realizar la conexión mediante una red ControlNet, al remover saldrá un cuadro de dialogo “Logix Designer” y se da clic en “Yes”.

Figura 87

Eliminación módulos Studio 5000



- Se debe dejar únicamente los módulos que conforman la red de cada estación.

Figura 88

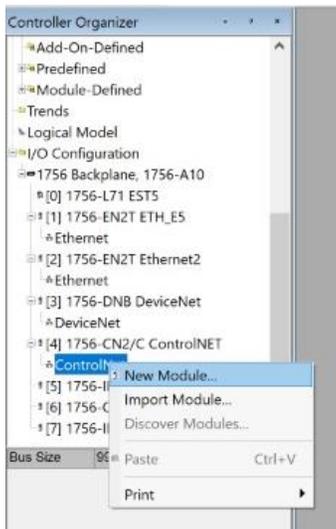
Módulos a utilizarse



- Una vez que se tiene solo los módulos que se utilizaran en la red industrial, se procede a agregar los módulos de red ControlNet, por lo que se da clic derecho en la subsección “ControlNet” y se selecciona “New Module”, ya que se encuentra en la estación 5, se debe agregar los módulos tanto del productor como del consumidor, por lo tanto, en este caso se tendrá el módulo de la estación 5 como del resto de las 3 estaciones.

Figura 89

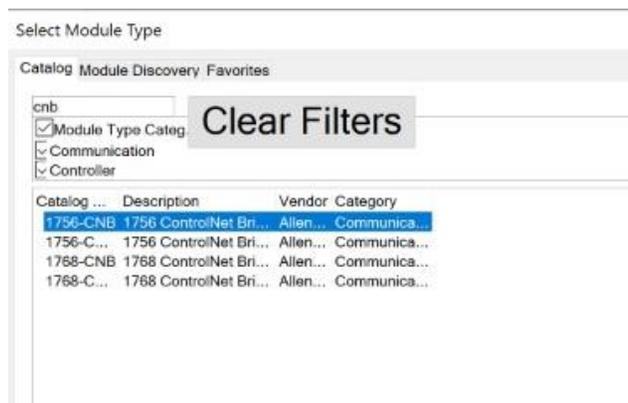
Agregar módulo Studio 5000



- Para agregar un módulo ControlNet, que en nuestro caso es el módulo 1756 CNB, se debe dirigir al cuadro de búsqueda y digitar CNB, aparecerá coincidencias, cabe recalcar que no se debe seleccionar el módulo 1756 CNBR ya que es un módulo de dos canales para una red redundante.

Figura 90

Selección del tipo de módulo

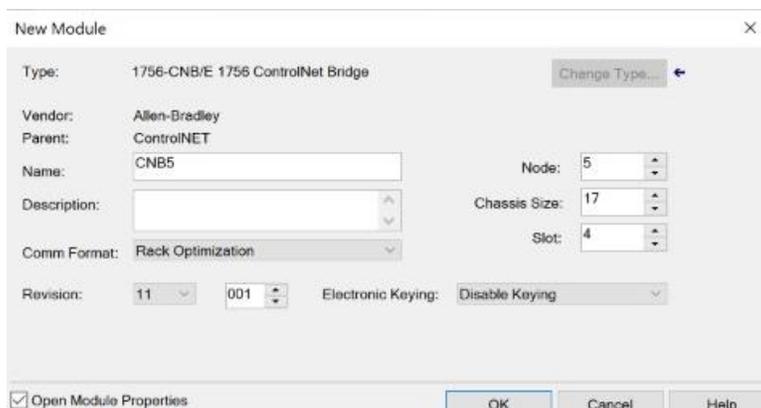


- Una vez seleccionado el módulo, aparecerá un cuadro para la configuración del módulo, aquí se da un nombre, numero de nodo, y un numero de slot en el cual se

encuentra el módulo, en este caso el nombre es CNB5, el nodo es la dirección asignada por los selectores que se encuentran ubicados en la parte posterior de los módulos ControlNet, en este caso es el nodo 5, el slot en el que se encuentra el módulo en el chasis del controlador es el Slot 4, por último en el apartado “Electronic Keying” seleccionamos “Disable Keying”, este proceso se debe realizar para todas los módulos ControlNet del resto de estaciones.

Figura 91

Configuración del módulo



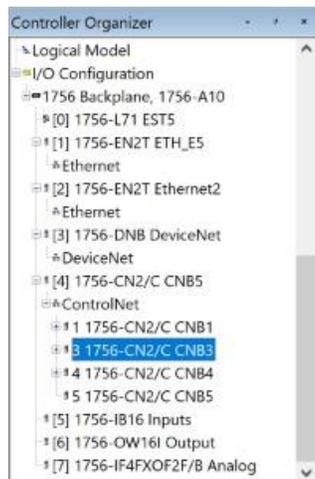
The image shows a 'New Module' configuration window. The fields are as follows:

Field	Value
Type	1756-CNB/E 1756 ControlNet Bridge
Vendor	Allen-Bradley
Parent	ControlNET
Name	CNB5
Description	
Comm Format	Reck Optimization
Revision	11, 001
Node	5
Chassis Size	17
Slot	4
Electronic Keying	Disable Keying

- Una vez creado el módulo de la estación 5, se ubica el resto de módulos con los cuales tendrá comunicación.

Figura 92

Módulos de comunicación a utilizarse



- Dentro de cada módulo ControlNet, añadimos el PLC con el cual se hará la comunicación, en este caso el PLC es el ControlLogix 1756 L71.

Figura 93

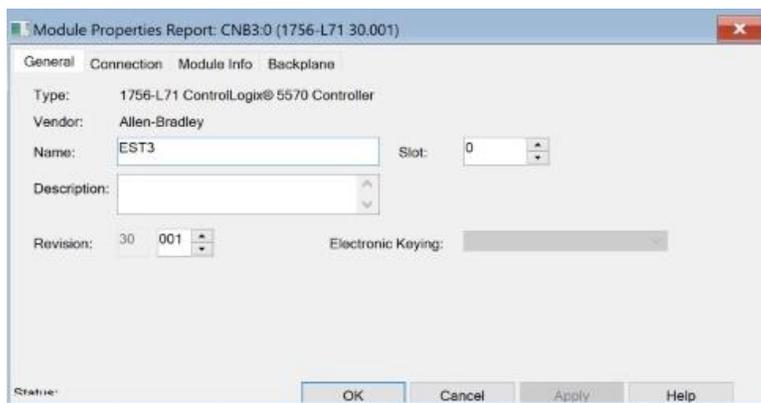
Agregar módulo del controlador



- Al seleccionar el PLC, se despliega un cuadro de diálogo para modificar las propiedades del PLC, por lo tanto, se pone en Nombre “EST3” y en Slot se pone 0 ya que es la posición en la que se encuentra en el chasis de la estación 3.

Figura 94

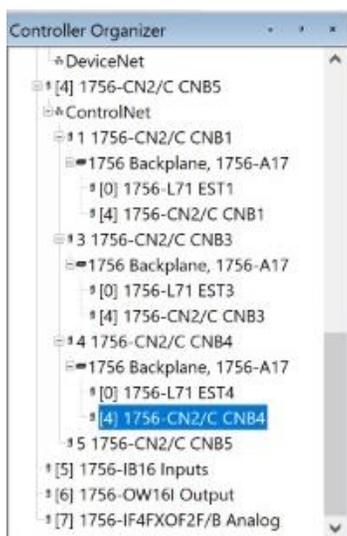
Configuración módulo del controlador



- Se debe realizar el proceso anterior para el resto de módulos ControlNet.

Figura 95

Nuevos módulos agregados



- A continuación, se realizará la configuración del productor consumidor, de la misma manera que se lo realiza con Ethernet será con ControlNet, en este caso de la estación 5 se tiene tres variables producidas, las cuales son del tipo DINT, type es "Produced".

Figura 96

Variables producidas Estación 5

Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Access	Constant	Style
Consumida_E1		EST1:Producida_E5	DINT		Read/Write		Decim
Consumida_E1_TiempoCiclo		EST1:Producida_E5_Ciclo	DINT		Read/Write		Decim
Consumida_E1_unidadesDefectuosas		EST1:Producida_E5_Fallas	DINT		Read/Write		Decim
Consumida_E3		EST3:Producida_E5	DINT		Read/Write		Decim
Consumida_E3_TiempoCiclo		EST3:Producida_E5_Ciclo	DINT		Read/Write		Decim
Consumida_E4		EST4:Producida_E5	DINT		Read/Write		Decim
Consumida_E4_TiempoCiclo		EST4:Producida_E5_Ciclo	DINT		Read/Write		Decim
Local:3:I			AB:1756_DNB_500Bytes:I:1		Read/Write		
Local:3:O			AB:1756_DNB_496Bytes:O:0		Read/Write		
Local:3:S			AB:1756_DNB_Status_128Bytes:S:0		Read/Write		
Local:5:C			AB:1756_DI:C:0		Read/Write		
Local:5:I			AB:1756_DI:I:0		Read/Write		
Local:6:C			AB:1756_DO:C:0		Read/Write		
Local:6:I			AB:1756_DO:I:0		Read/Write		
Local:6:O			AB:1756_DO:O:0		Read/Write		
Local:7:C			AB:1756_IF4XOF2F:C:0		Read/Write		
Local:7:I			AB:1756_IF4XOF2F:CST:I:0		Read/Write		
Local:7:O			AB:1756_IF4XOF2F:O:0		Read/Write		
Producida_E1			DINT		Read/Write		Decim
Producida_E3			DINT		Read/Write		Decim
Producida_E4			DINT		Read/Write		Decim

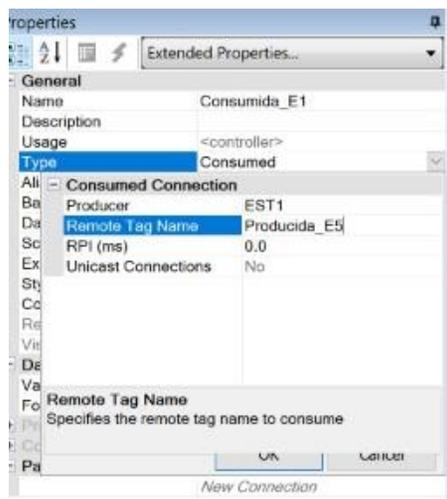
The screenshot also shows the Properties window for the selected tag 'Producida_E1'. The 'General' tab is active, showing the following properties:

- Name: Producida_E1
- Description: <controller>
- Usage: Produced
- Type: Produced
- Alias For: <empty>
- Base Tag: <empty>
- Data Type: DINT
- Scope: EST5
- External Access: Read/Write
- Style: Decimal
- Constant: No
- Required: <empty>
- Visible: <empty>
- Data Value: <empty>
- Force Mask: <empty>
- Produced Connection: <empty>
- Consumed Connections: (0:0)
- Parameter Connections: (0:0)

- Para el caso de las variables consumidas de la estación 5 se tiene 7 variables consumidas, se selecciona “Consumida_E1”, type “Consumed”, donde se despliega un submenú y en el apartado “Producer” que será de donde viene el dato que en este caso es “EST1”, por último, se ubica el Tag que se está colocado en la estación que es “Prodducida_E5”, este proceso se lo realiza con el resto de variables consumidas, con eso se tendría configurado la estación central en Studio 5000.

Figura 97

Configuración variable consumida



Para la configuración del resto de estaciones, se lo hará solo en la estación 1, debido a que el proceso es semejante para las demás estaciones.

- De igual manera se debe borrar los módulos Ethernet y dejar los módulos que conforman el chasis del controlador de la propia estación, igualmente se debe agregar los módulos ControlNet de la estación 1 y 5, ya que solo existirá intercambio de información entre estas dos estaciones, además de agregar el PLC con el que se hará la comunicación.

Figura 98

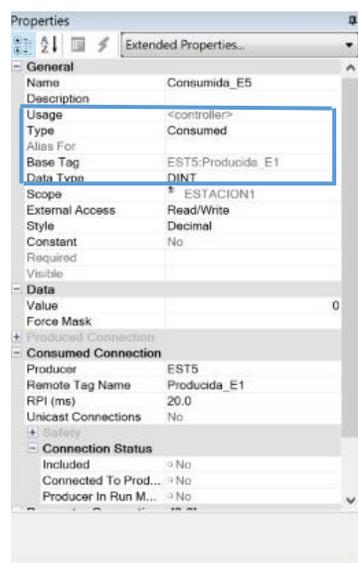
Módulos a utilizarse Estación 1



- En el apartado de “Controller Tags”, se configura el tag “Consumida_E5”, es de type “Consumed” y viene del controlador EST5 con el Tag “Producida_E1”.

Figura 99

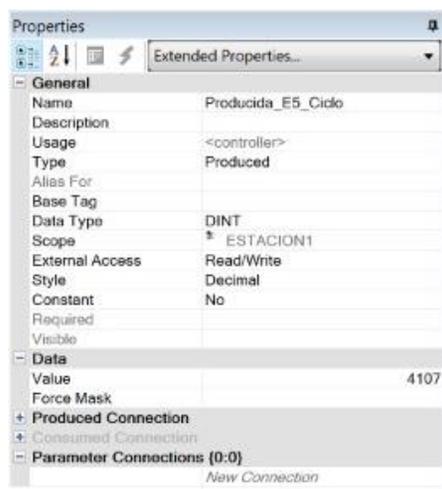
Configurar variables consumida en Estación 1



- Para la variable producida que en este caso es “Producida_E5_Ciclo”, la cual ese type “Produced” y el tipo de dato es DINT, este proceso se debe realizar para el resto de estaciones.

Figura 100

Configuración variable producida Estación 1

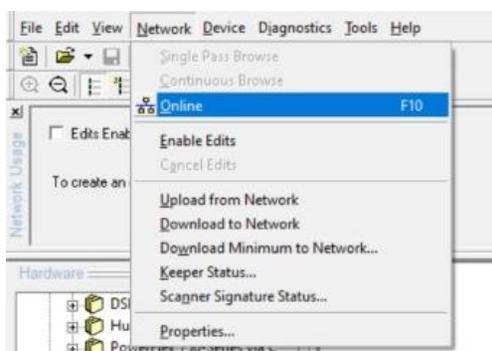


Configuración de la red ControlNet a través del Software RSNetWorx for ControlNet.

- El primer paso es escanear los módulos presentes en la red para eso abrimos el software, dirigirse a la pestaña “Network” y seleccionar “Online”.

Figura 101

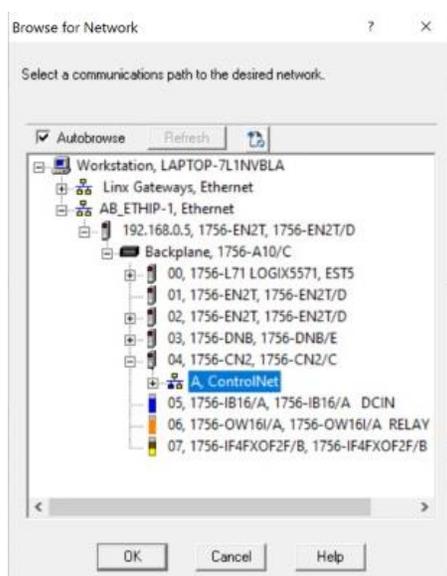
Pestaña de escaneo de dispositivos en la red



- Se despliega un menú “Browse for Network”, se selecciona el módulo ControlNet y se da clic en OK.

Figura 102

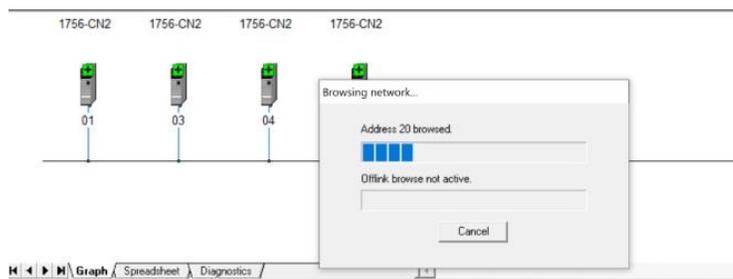
Menú “Browse for Network”



- A continuación, se escanea los dispositivos conectados a la red.

Figura 103

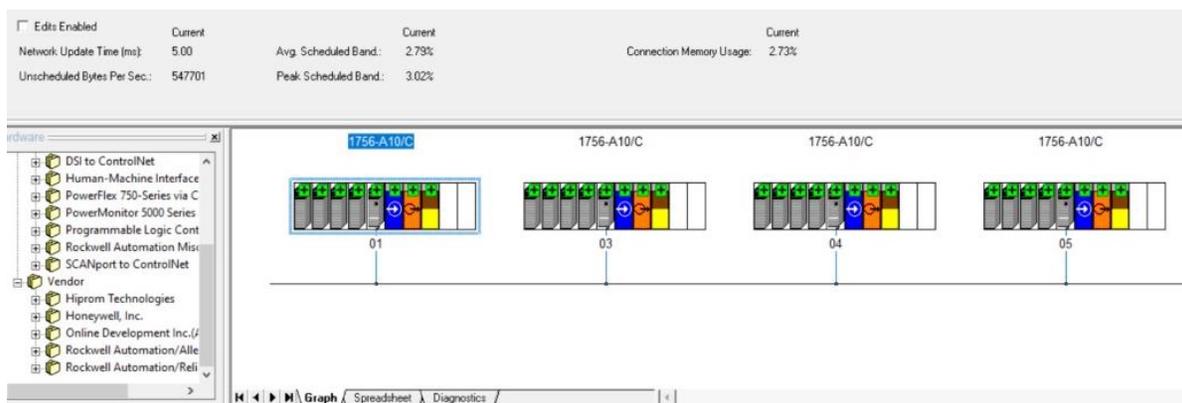
Escaneo de los dispositivos conectados a la red ControlNet



- Una vez escaneada la red, se observa los módulos que se encuentran conectados a la red y el nodo correspondiente.

Figura 104

Dispositivos conectados a la red ControlNet



- Se selecciona la opción “Edits Enabled” y se procede a descargar, siempre y cuando el controlador este en “Program”, caso contrario aparecerá cuadro de dialogo indicando que existe un error.

Figura 105

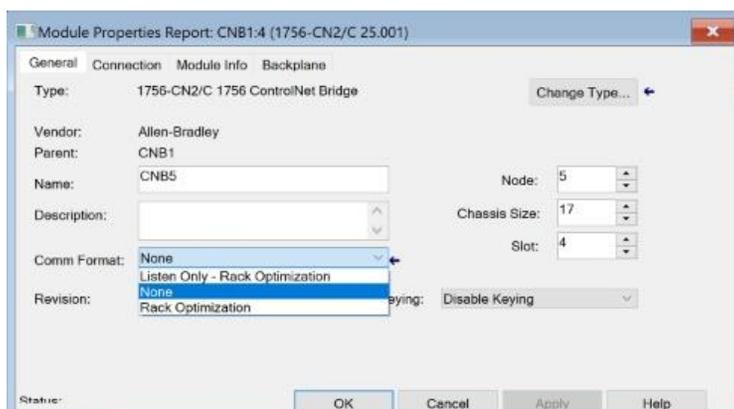
Ventana de error-Dispositivo en modo incorrecto



- Es importante asegurarse que en las propiedades de los módulos ControlNet, en el apartado “Comm Format” este seleccionado “None”, para que no haya un error en el tamaño de la palabra de entrada y salida.

Figura 106

Ventana de propiedades del módulo

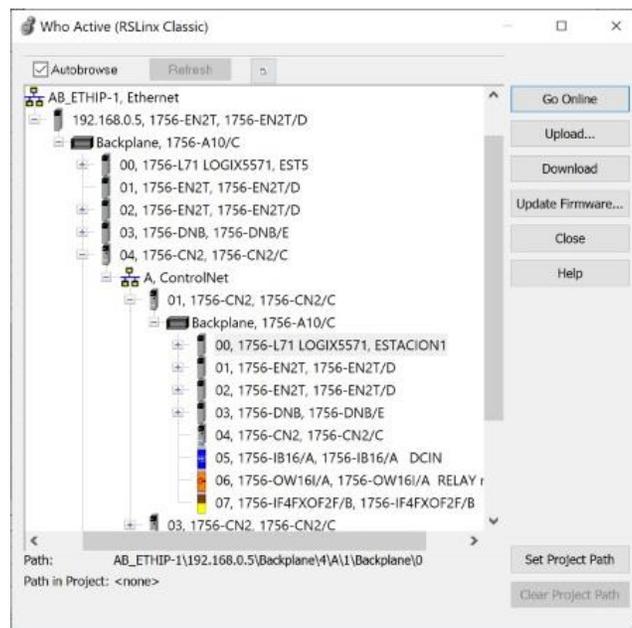


- Posteriormente se descarga cada programa en su respectivo PLC, y así se tendría la red ControlNet configurada.

A continuación, se observa que mediante el módulo ControlNet de la estación 5 se puede acceder a los módulos de ControlNet del resto de estaciones y mediante estos módulos acceder a los controladores de cada estación.

Figura 107

Ventana de acceso a los dispositivos por ControlNet



Practica 5 Red de comunicación Ethernet-DeviceNet usando modelo mensajería CIP para las estaciones MAS-203 y MAS-205

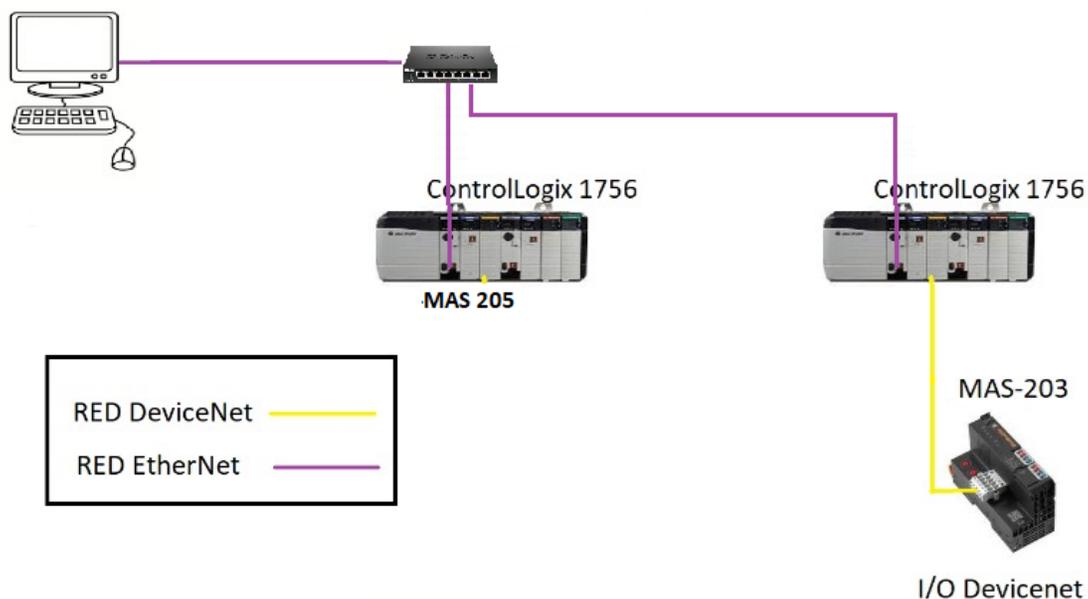
Visión General

En esta práctica se usará el modelo de mensajería CIP para el envío de datos entre la estación MAS-203 y MAS-205, de tal manera que se use los pulsadores y selectores pertenecientes a la estación MAS-205 para el control de la estación MAS-203, los datos serán enviados a través de una red Ethernet, que se configuro en las prácticas anteriores.

Esquema de la red

Figura 108

Esquema de la red implementada



Asignación de las IPs a los PLC's. Se debe identificar a todos los PLC con una dirección IP, esto se lo realiza a través del software RSLinx, este proceso está explicado anteriormente en la Práctica 1, a continuación, se muestra en la tabla, las direcciones IP asignadas a cada PLC.

Tabla 14

Direcciones IP y MAC de los dispositivos conectados a la red

Dispositivo	Dirección IP	Dirección MAC
Computador	192.168.0.10	
PLC MAS-203	192.168.0.3	00:1D:9C:DE:5D:F9
PLC MAS-205	192.168.0.5	00:1D:9C:DE:5D:F9

Implementación de la red

En la implementación de esta práctica se requiere el funcionamiento de la red DeviceNet para la entradas y salidas distribuidas de la estación MAS-203 además de la red Ethernet para él envío de datos de la estación MAS-205 mediante el uso del modelo Mensajería CIP

Configuración del programa MAS-203 para la comunicación por medio de mensajería CIP. Se debe realizar la configuración para él envío de información entre la estación 3 y 5 por medio de la red Ethernet/IP.

- En primer lugar, se debe abrir el programa base de la estación 5.
- En el programa de la estación 5 se hará él envío de la variable para la comunicación con la estación MAS-203, para ello se debe crear la variable “mensaje5_3”, la cual significa mensaje enviado de la estación 5 a la estación 3, esta variable es de data type “MESSAGE” y type “BASE”.

Figura 109

Tags del MAS-205

Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Access	Conn
Consumida_E1		PLC E1 Producida E5	DINT		Read/Write	
Consumida_E1_TiempoCiclo		PLC E1 Producida E5_Ciclo	DINT		Read/Write	
Consumida_E1_unidadesDefectuosas		PLC E1 Producida E5_Fallas	DINT		Read/Write	
Consumida_E3		PLC E3 Producida E5	DINT		Read/Write	
Consumida_E3_TiempoCiclo		PLC E3 Producida E5_Ciclo	DINT		Read/Write	
Consumida_E4		PLC E4 Producida E5	DINT		Read/Write	
Consumida_E4_TiempoCiclo		PLC E4 Producida E5_Ciclo	DINT		Read/Write	
ETH_E1:1		AB:1756_ENET_10SLOT:1:0			Read/Write	
ETH_E1:0		AB:1756_ENET_10SLOT:0:0			Read/Write	
ETH_E3:1		AB:1756_ENET_10SLOT:1:0			Read/Write	
ETH_E3:0		AB:1756_ENET_10SLOT:0:0			Read/Write	
ETH_E4:1		AB:1756_ENET_10SLOT:1:0			Read/Write	
ETH_E4:0		AB:1756_ENET_10SLOT:0:0			Read/Write	
Local:3:I		AB:1756_DNB_500Bytes:1:1			Read/Write	
Local:3:O		AB:1756_DNB_960Bytes:0:0			Read/Write	
Local:3:S		AB:1756_DNB_Status_128Bytes:S:0			Read/Write	
Local:5:C		AB:1756_DI:C:0			Read/Write	
Local:3:I		AB:1756_DI:I:0			Read/Write	
Local:6:C		AB:1756_DO:C:0			Read/Write	
Local:6:I		AB:1756_DO:I:0			Read/Write	
Local:9:O		AB:1756_DO:O:0			Read/Write	
Local:7:C		AB:1756_IF4XOF2F:C:0			Read/Write	
Local:7:I		AB:1756_IF4XOF2F:I:0			Read/Write	
Local:7:O		AB:1756_IF4XOF2F:O:0			Read/Write	
Producida_E1		DINT			Read/Write	
Producida_E3		DINT			Read/Write	
Producida_E4		DINT			Read/Write	
Mensaje5_3		MESSAGE			Read/Write	
Mensaje_E3		DINT			Read/Write	

Properties

General

Name: Mensaje5_3

Description: <controller>

Usage: <controller>

Type: Base

Alias For: Base

Base Tag: Base Tag

Data Type: MESSAGE

Scope: EST5

External Access: Read/Write

Style: No

Required: No

Visible: Yes

Data

Value: (-)

Force Mask: (-)

Predefined Connection: (-)

Consumed Connections: (-)

Parameter Connections: (0/0)

- Una vez creada la variable se dirige al Ladder del archivo, específicamente a la rutina de funcionamiento del programa de la estación 5, en la barra de

herramientas, a la sección “Input/Output”, se escoge el bloque “MSG” y se coloca en el área de trabajo.

Figura 110

Instrucción MSG



- Para el envío de las variables “START”, “STOP”, “RESET”, “MANUAL” y “AUTOMATICO”, las cuales son necesarias para el funcionamiento estación, se debe crear una variable para el envío de estos datos de la estación 5 a la estación 3, esta variable será de data type “DINT” y type “BASE”.

Figura 111

Variables para envío de información

Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Access	Comments
Consumida_E1		PLC_E1.Producida_E5	DINT		Read/Write	
Consumida_E1_TiempoCiclo		PLC_E1.Producida_E5_Ciclo	DINT		Read/Write	
Consumida_E1_unidadesDefectuosaas		PLC_E1.Producida_E5_Fallas	DINT		Read/Write	
Consumida_E3		PLC_E3.Producida_E5	DINT		Read/Write	
Consumida_E3_TiempoCiclo		PLC_E3.Producida_E5_Ciclo	DINT		Read/Write	
Consumida_E4		PLC_E4.Producida_E5	DINT		Read/Write	
Consumida_E4_TiempoCiclo		PLC_E4.Producida_E5_Ciclo	DINT		Read/Write	
ETH_E1:1		AB:1756_ENET_10SLOT:1:0			Read/Write	
ETH_E1:0		AB:1756_ENET_10SLOT:0:0			Read/Write	
ETH_E3:1		AB:1756_ENET_10SLOT:1:0			Read/Write	
ETH_E3:0		AB:1756_ENET_10SLOT:0:0			Read/Write	
ETH_E4:1		AB:1756_ENET_10SLOT:1:0			Read/Write	
ETH_E4:0		AB:1756_ENET_10SLOT:0:0			Read/Write	
Local:3:1		AB:1756_DNB_500Bytes:1:1			Read/Write	
Local:3:0		AB:1756_DNB_496Bytes:0:0			Read/Write	
Local:3:8		AB:1756_DNB_Status_128Bytes:8:0			Read/Write	
Local:5:1		AB:1756_DI:0:0			Read/Write	
Local:5:0		AB:1756_DI:1:0			Read/Write	
Local:6:1		AB:1756_DO:0:0			Read/Write	
Local:6:0		AB:1756_DO:1:0			Read/Write	
Local:7:1		AB:1756_IF4XOF2F:C:0			Read/Write	
Local:7:0		AB:1756_IF4XOF2F:CST:1:0			Read/Write	
Local:7:0		AB:1756_IF4XOF2F:O:0			Read/Write	
Producida_E1			DINT		Read/Write	
Producida_E3			DINT		Read/Write	
Producida_E4			DINT		Read/Write	
Mensaje5_3			MESSAGE		Read/Write	
Mensaje_E3			DINT		Read/Write	

- En el programa Ladder de la estación 5 colocamos las instrucciones para el envío de datos de la estación 5 a la estación 3.

Figura 112

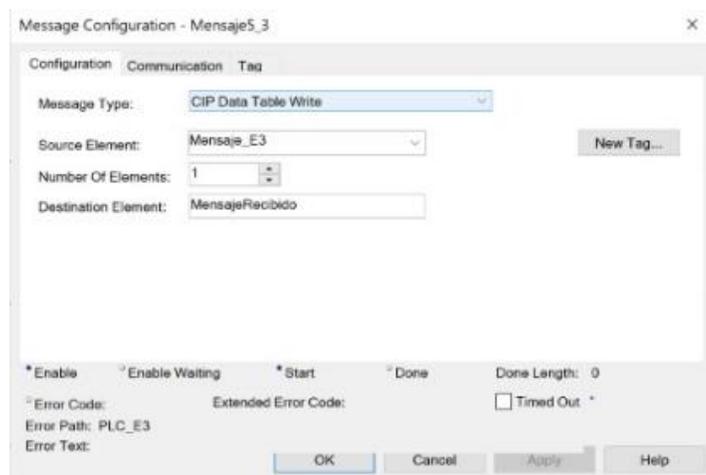
Instrucciones para el envío de datos



- A continuación, dentro del bloque se coloca la variable que se creó en el punto anterior “mensaje5_3”, y se configura el bloque, en el apartado “Message Type” se selecciona “ CIP Data Table Write”, en “Source Element” se escoge el tag “Mensaje_E3”, en “Destination Element” se coloca el tag donde se recibirá la variable, es decir el tag en el programa de la estación 3 que en este caso es “MensajeRecibido”

Figura 113

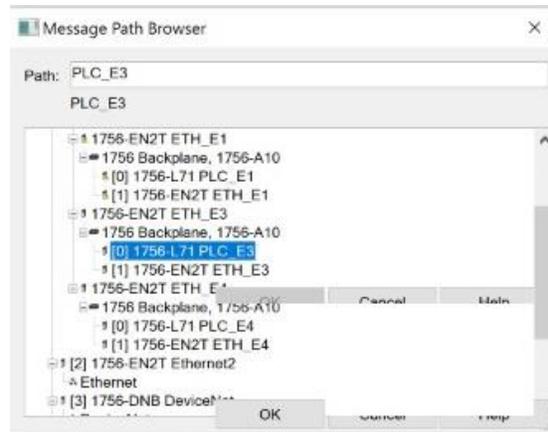
Configuración del bloque de instrucción MSG



- Para realizar la comunicación se dirige a la pestaña “Communication”, en el apartado “Path”, se apunta al PLC el cual tiene como nombre “PLC_E3”.
- Para comunicarse con el PLC, se lo hará por medio de la red Ethernet, la cual fue configurada anteriormente, se escoge el PLC de la estación 3 que tiene como nombre ”PLC_E3”, y de esta manera se envía los datos por mensajería CIP.

Figura 114

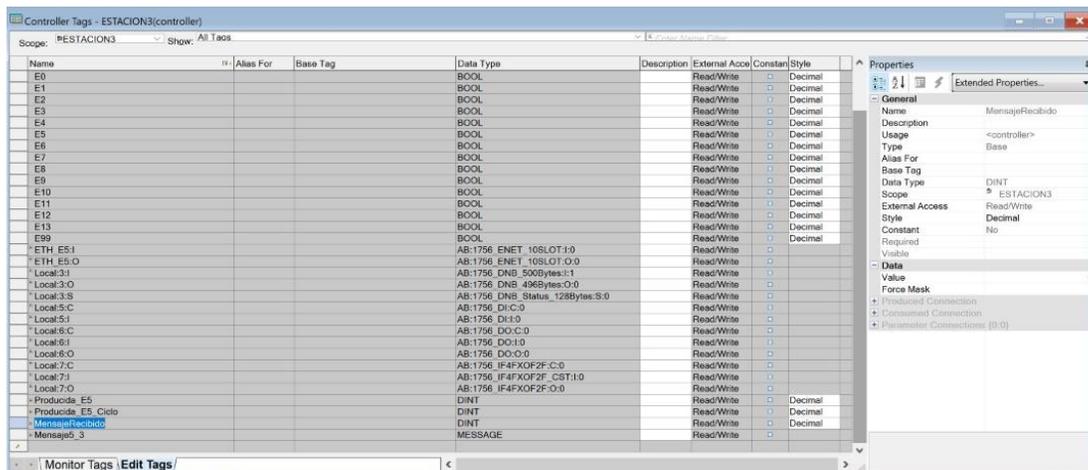
Ruta de comunicación Ethernet



- A continuación, se abre el programa de la estación 3, en el mismo se creará la variable que recibirá los datos de la estación 5, esta variable llamada “MensajeRecibido” es de type “Base” y data type “DINT” .

Figura 115

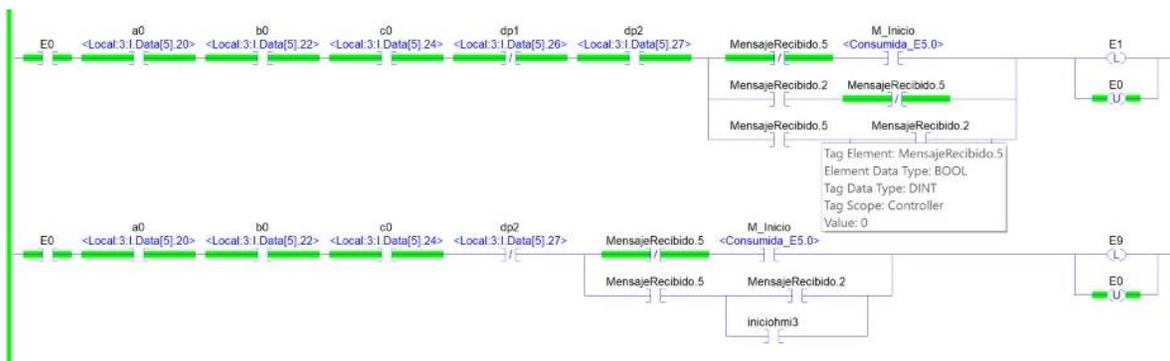
Variable para la recepción de los datos por parte de la estación 5



- Una vez añadida la variable, se procede a poner las instrucciones en el ladder del funcionamiento de la estación 3.

Figura 116

Instrucciones para el funcionamiento del módulo MAS-203



Practica 6 Red de comunicación Ethernet-ControlNet-DeviceNet usando modelo mensajería CIP sistema MAS-200

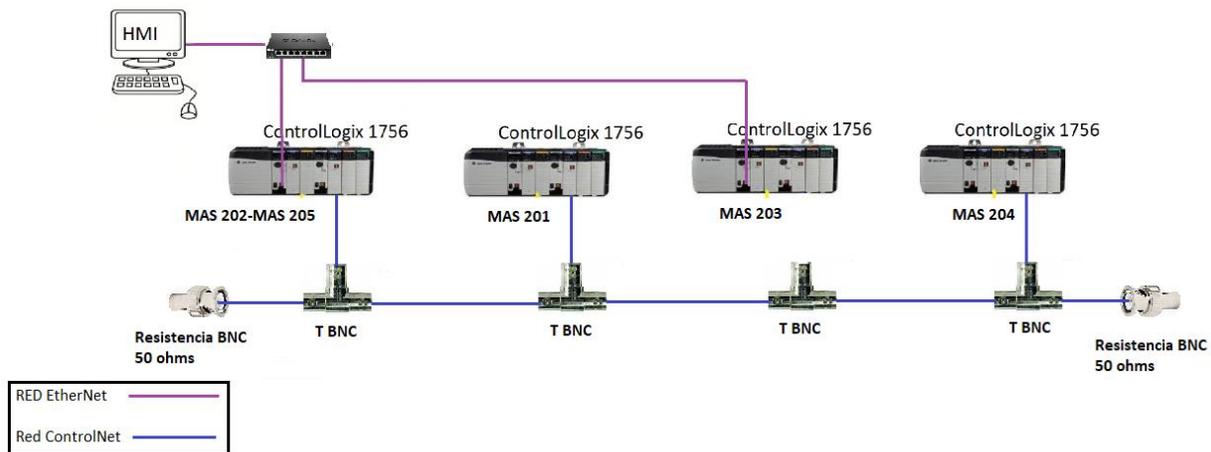
Visión General

En esta última práctica lo que cambiará referente a la Practica 3 es el modelo de envío de los datos, que será Mensajería CIP, se utilizará una red ControlNet entre las estaciones 201, 204 y 205 mientras que para la comunicación entre la estación 205 y 203 se lo hará a través de una red Ethernet, todas estas redes ya se configuró en las practicas anteriores.

Esquema de la red

Figura 117

Esquema de la red implementada

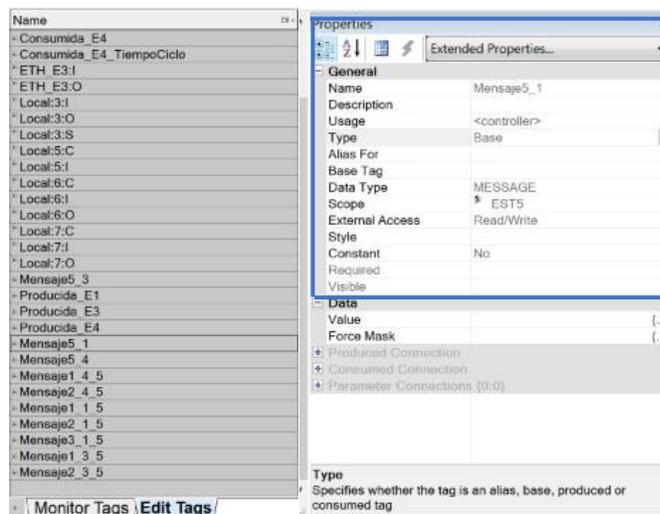


Configuración del programa base para la comunicación por medio de mensajería CIP. Se debe realizar la configuración para el envío de información usando mensajería CIP entre la estación 3-5 por Ethernet, 1-5 y 4-5 por ControlNet

- En primer lugar, se debe abrir el programa base de la estación 5.
- En el programa de la estación 5 se hará el envío de las tres variables que van al resto de estaciones, estas variables son Producida_E1, Producida_E3 y Producida E4, para ello se debe crear la variable "mensaje5_3", la cual significa mensaje enviado de la estación 5 a la estación 3, esta variable es data type "MESSAGE" y type "BASE".

Figura 118

Propiedades de las variables



- Una vez creada la variable se dirige al Ladder del archivo, específicamente a la rutina de funcionamiento del programa de la estación 5, barra de herramientas, sección “Input/Output”, se escoge el bloque “MSG” y se coloca en el área de trabajo.

Figura 119

Instrucción MSG

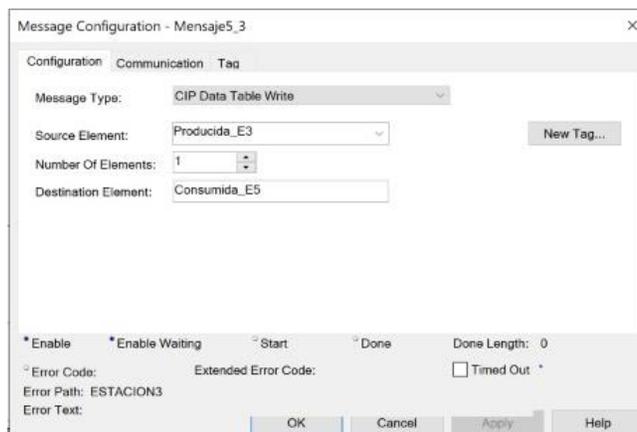


- A continuación, dentro del bloque se coloca la variable que se creó en el punto anterior “Mensaje5_3”, y se configura el bloque, en el apartado “Message Type” se selecciona “CIP Data Table Write”, en “Source Element” se escoge el tag “Producida_E3”, en “Destination Element” se coloca el tag donde se recibirá la

variable, es decir el tag en el programa de la estación 3 que en este caso es “Consumida_E5”.

Figura 120

Configuración de la instrucción MSG



- Para realizar la comunicación se dirige a la pestaña “Communication”, en el apartado “Path”, se apunta al PLC, el cual tiene como nombre “ESTACION3”.

Figura 121

Pestaña Communication de la instrucción MSG

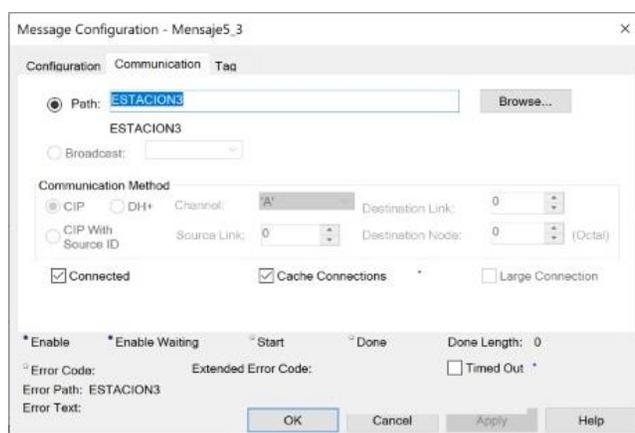
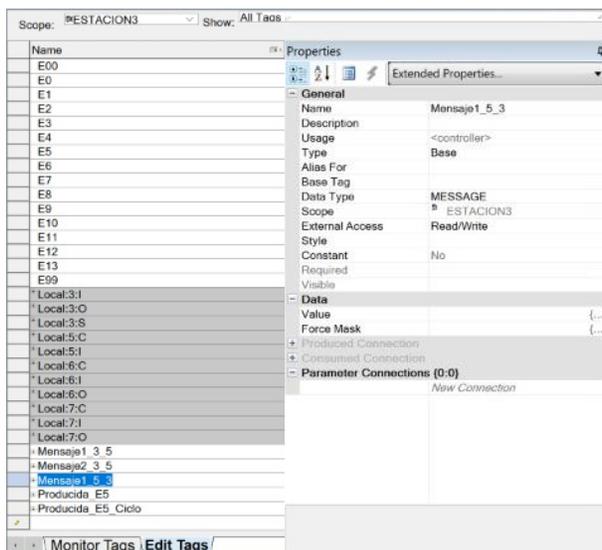


Figura 123

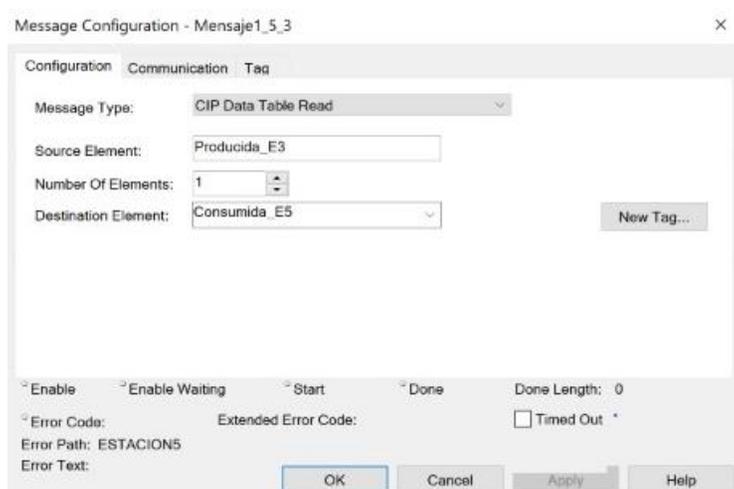
Propiedades de las variables



- Una vez añadida la variable, se procede a abrir el LADDER de la subrutina “FUNCIONAMIENTO”, de igual manera que en la estación 5, se añade el bloque “MSG”, con la excepción que, al momento de configurarla, en el apartado “Message Type” se coloca “CIP Data Table Read”, en “Source Element” se pone la variable “Producida_E3” y en “Destination Element”, se ubica “Consumida_E5”.

Figura 124

Propiedades de la instrucción MSG



- Para la comunicación, se lo realiza de la misma manera por Ethernet y se apunta al PLC de la estación 5, esto se lo hace para todos los datos que se quieren enviar y recibir.

Figura 125

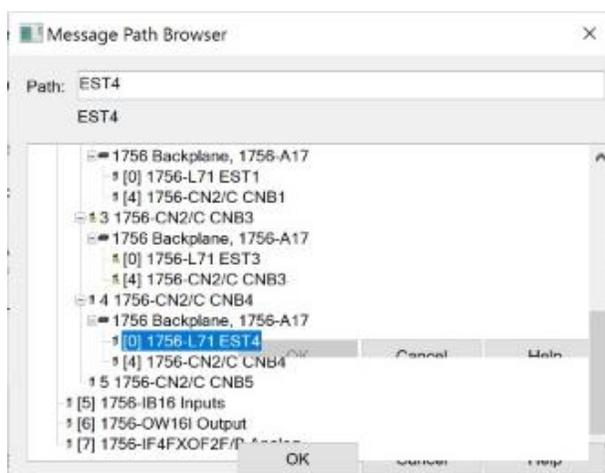
Ruta de comunicación Ethernet



- Para el caso que se requiera enviar la información mediante el uso de una red ControlNet, se realizara el mismo proceso anterior, con la diferencia que al momento de elegir el módulo escogemos ControlNet.

Figura 126

Ruta de comunicación ControlNet



- Se debe apuntar al PLC de la estación 4 mediante el módulo ControlNet, se pude visualizar que da un error en el módulo ControlNet de la estación 3 esto debido a que esta desconectado porque se está enviando los datos por la red Ethernet.

Capítulo IV

Pruebas y Resultados

Los diferentes tipos de red diseñados en el Capítulo 3 son puestos a pruebas con el objetivo de observar su correcto funcionamiento, para esto se utiliza los diferentes softwares de configuración y monitoreo de las diferentes redes.

Pruebas de Hardware

Integridad física

Esta prueba permite establecer la integridad de las redes desarrollados, por lo cual se verifica que no existan roturas, mal montaje o algún tipo de falta de soporte.

La Tabla 15, muestra que parámetros son considerados para llevar a cabo dicha prueba.

Tabla 15*Parámetros pruebas de integridad física*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar externamente que no exista ningún tipo de afectación a los dispositivos de los chasis de la estaciones como son roturas, golpes, mal montaje, etc.	X		Se verifica que en cada una de las estaciones el PLC ControlLogix 5000, módulos de comunicación Ethernet, DeviceNet y ControlNet se encuentre en condiciones óptimas.
Comprobar externamente que no existan roturas, montajes flojos o falta de soporte en las conexiones para las redes implementadas.	X		Se verifica que el cableado tanto de la red DeviceNet, ControlNet y Ethernet se encuentre en buenas condiciones.
Verificar externamente que los elementos propios del sistema MAS-200 no posean ninguna afectación.	X		Se verifica que en todas las estaciones los actuadores se encuentren en condiciones óptimas, así como la presencia de los elementos a ser utilizados.

Señales de entrada y salida.

Se comprueba que todas las entradas y salidas discretas se encuentren funcionando de una manera correcta, esto se puede visualizar tanto en el programa PLC desarrollado en el software Studio 500 así como en nuestra interfaz de visualización HMI.

Tabla 16*Comprobación Entradas y Salidas*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Entradas Discretas	X		Las entradas discretas de los sensores están conectadas al Weidmüller de cada estación.
Salidas Discretas	X		Las salidas discretas de los actuadores están conectadas al Weidmüller de cada estación.

Pruebas Conectividad***Direccionamiento IP dispositivos enlazados Práctica 1.*****Tabla 17***Configuración dirección IP del PLC Estación 3*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Dirección IP: 192.168.0.3	X		
Máscara de Subred: 255.255.255.0	X		

Se verifica que exista una conexión entre el PLC y el computador puesto que en él se realiza la configuración de la red DeviceNet, por lo cual estos dos dispositivos se deben encontrar en red.

A continuación, se indican los parámetros para llevar a cabo dicha prueba.

Tabla 18*Comprobación enlace entre PLC y computador*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que la dirección IP del PLC sea la mencionada anteriormente.	X		
Verificar que el computador se encuentre en red con el PLC.	X		Se asigna al computador una dirección IP: 192.168.0.10 con máscara de subred: 255.255.255.0

Figura 127*Verificación conexión entre computador y PLC estación MAS-203*

```

Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.19041.1415]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\adlq1>ping 192.168.0.3

Pinging 192.168.0.3 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.0.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

```

Verificación red DeviceNet Práctica 1.

En la tabla siguiente se muestran los parámetros con que se verifican la correcta configuración de los dispositivos en la red DeviceNet.

Tabla 19*Comprobación configuración dispositivos en la red DeviceNet*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que el dispositivo de E/S distribuidas se encuentre correctamente configurado con el módulo DeviceNet de la Estación 3.	X		RSNetWorx se observa el estado de funcionamiento de los dispositivos.
Verificar que al encender el sistema nuestro módulo DeviceNet no muestre ningún código de error en su pantalla.	X		
Comprobar que se mantenga en estado de funcionamiento durante todo el proceso.	X		Esto se verifica con el indicador led de estado "OK"

Direccionamiento IP dispositivos enlazados Práctica 2.**Tabla 20***Configuración dirección IP del PLC Estación 5*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Dirección IP: 192.128.0.10	X		
Máscara de Subred: 255.255.255.0	X		

Se verifica que exista una conexión entre el PLC y el computador puesto que en él se encuentra el HMI, por lo cual estos dos dispositivos se deben encontrar en red.

A continuación, se indican los parámetros para llevar a cabo dicha prueba.

Tabla 21

Comprobación enlace entre PLC y HMI

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que la dirección IP del PLC sea la mencionada anteriormente.	X		
Verificar que el computador se encuentre en red con el PLC.	X		Se asigna al computador una dirección IP: 192.168.0.10 con máscara de subred: 255.255.255.0
Verificar que exista conectividad entre el HMI y el PLC al iniciar el HMI tendrá una alarma de conexión.	X		

Figura 128

Verificación de conexión entre computador y PLC de estación MAS-205

```
C:\Users\adlq1>ping 192.168.0.5

Pinging 192.168.0.5 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.5: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.0.5:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Verificación red DeviceNet práctica 2.

En la tabla siguiente se muestran los parámetros con que se verifican la correcta configuración de los dispositivos en la red DeviceNet.

Tabla 22

Comprobación configuración dispositivos en la red DeviceNet

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que todos los elementos de la red DeviceNet se encuentre correctamente configurados.	X		RSNetWorx se observa el estado de funcionamiento de los dispositivos.
Verificar que al encender el sistema nuestro módulo DeviceNet no muestre ningún código de error en su pantalla.	X		
Comprobar que se mantenga en estado de funcionamiento durante todo el proceso.	X		Esto se verifica con el indicador led de estado "Ok"

Direccionamiento IP dispositivos enlazados Práctica 3.**Tabla 23***Configuración dirección IP del PLC Estación 5*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Dirección IP PLC Estación 1: 192.168.0.1	X		Se comprueba mediante el comando ping de la consola del computador.
Dirección IP PLC Estación 3: 192.168.0.3	X		Se comprueba mediante el comando ping de la consola del computador.
Dirección IP PLC Estación 4: 192.168.0.4	X		Se comprueba mediante el comando ping de la consola del computador.
Dirección IP PLC Estación 5 y 2: 192.168.0.5	X		Se comprueba mediante el comando ping de la consola del computador.

Se verifica que exista una conexión entre los PLC y el computador dado que se envían datos entre estaciones y además en el computador se encuentra el HMI, por lo cual estos dispositivos se deben encontrar en red.

A continuación, se indican los parámetros para llevar a cabo dicha prueba.

Tabla 24*Configuración conexión entre PLC's y HMI*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que la direcciones IP de los PLC's sea la mencionada anteriormente.	X		
Verificar que el computador se encuentre en red con los PLC's.	X		Se asigna al computador una dirección IP: 192.168.0.10 con máscara de subred: 255.255.255.0
Verificar que exista conectividad entre el HMI y el PLC estación 5 al iniciar el HMI tendrá una alarma de conexión.	X		

Figura 129

Verificación de conexión entre computador y los PLC's del sistema MAS-200

<pre>C:\Users\adlq1>ping 192.168.0.1 Pinging 192.168.0.1 with 32 bytes of data: Reply from 192.168.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=64 Ping statistics for 192.168.0.1: Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss), Approximate round trip times in milli-seconds: Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms</pre>	<pre>C:\Users\adlq1>ping 192.168.0.3 Pinging 192.168.0.3 with 32 bytes of data: Reply from 192.168.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=64 Ping statistics for 192.168.0.3: Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss), Approximate round trip times in milli-seconds: Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms</pre>
<pre>C:\Users\adlq1>ping 192.168.0.4 Pinging 192.168.0.4 with 32 bytes of data: Reply from 192.168.0.4: bytes=32 time<1ms TTL=64 Ping statistics for 192.168.0.4: Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss), Approximate round trip times in milli-seconds: Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms</pre>	<pre>C:\Users\adlq1>ping 192.168.0.5 Pinging 192.168.0.5 with 32 bytes of data: Reply from 192.168.0.5: bytes=32 time<1ms TTL=64 Ping statistics for 192.168.0.5: Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss), Approximate round trip times in milli-seconds: Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms</pre>

Verificación red DeviceNet Práctica 3

En la tabla siguiente se muestran los parámetros con que se verifican la correcta configuración de los dispositivos en la red DeviceNet.

Tabla 25*Comprobación configuración correcta red DeviceNet*

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que cada estación tenga configurado correctamente su módulo DeviceNet con su dispositivo de entradas y salidas.	X		RSNetWorx se observa el estado de funcionamiento de los dispositivos.
Verificar que al encender el sistema los módulos DeviceNet no muestren ningún código de error en su pantalla.	X		
Comprobar que los módulos DeviceNet se mantengan en estado de funcionamiento durante todo el proceso.	X		Esto se verifica con el indicador led de estado "Ok"

Direccionamiento IP Práctica 5.

El direccionamiento IP de los dispositivos enlazados Práctica 5 es el mismo que fue realizado en la práctica 3, con la única observación que ahora solo están conectados los PLC's de la Estación 5 y 3, por lo cual podemos observar la tabla 23 y 24 que nos muestran las pruebas y resultados realizados.

Verificación red DeviceNet Práctica 5.

La red DeviceNet es la misma que en la práctica 1 que es el manejo de la estación 3 por lo cual las pruebas y resultados de esta red se encuentra en la tabla 19.

Direccionamiento IP Práctica 4 y 6.

El direccionamiento IP de los dispositivos enlazados practica 4 y 6 es el mismo que fue realizado en la práctica 3 por lo cual podemos observar la tabla 23 y 24 que nos muestran las pruebas y resultados realizadas.

Verificación red DeviceNet Práctica 4 y 6.

La red DeviceNet es la misma que en la práctica 3 por lo cual las pruebas y resultados de esta red se encuentra en la tabla 25.

Verificación red ControlNet Práctica 4 y 6.

En la tabla siguiente se dispone de los parámetros que verifican la configuración correcta de la red ControlNet.

Tabla 26

Comprobación red ControlNet

Descripción	Estado		Observación
	Correcto	Incorrecto	
Comprobar que todos los elementos de la red ControlNet se encuentre correctamente configurados.	X		RSNetWorx se observa el estado de funcionamiento de los dispositivos.
Verificar que el encender el sistema nuestros módulos ControlNet no muestren ningún código de error en su pantalla.	X		
Comprobar que los módulos ControlNet se mantengan en estado de funcionamiento durante todo el proceso.	X		Esto se verifica con el indicador led de estado "Ok"

Monitoreo de las redes con el software RSNetWorx

Monitoreo red DeviceNet Práctica 1.

En la Práctica 1 se monitorea la red DeviceNet la cual está conformada por los dispositivos que se muestran a continuación en la tabla.

Tabla 27

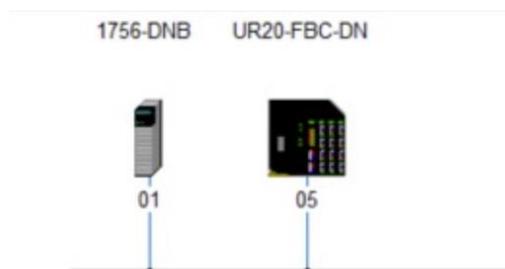
Dispositivos red DeviceNet Práctica 1

Dispositivo	Direcciones
Módulo DeviceNet	00
Weidmüller Estación 3	05

En el software RSNetWorx for DeviceNet escaneamos nuevamente la red y podemos observar que se encuentran los dispositivos mencionados anteriormente.

Figura 130

Dispositivos configurados en red DeviceNet Práctica 1

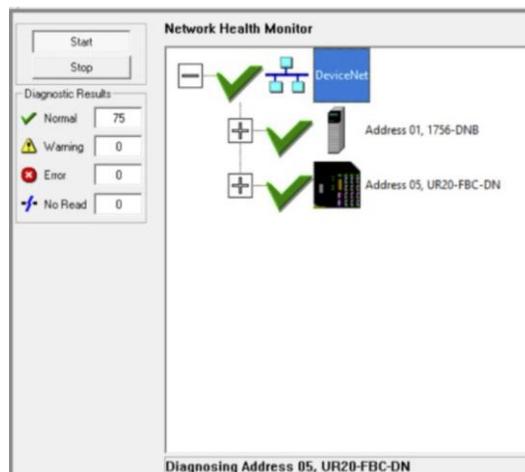


Diagnóstico de red DeviceNet Práctica 1.

Además, el software permite realizar un diagnóstico de la red en la cual se puede encontrar errores en la asignación de las direcciones de entrada o salida, pero al estar configurada correctamente se observa que no existe ningún indicador de fallo.

Figura 131

Diagnóstico red DeviceNet Práctica 1



Monitoreo red DeviceNet Práctica 2.

En la práctica número 2 se monitorea la red DeviceNet la cual está conformada por los dispositivos que se muestran a continuación en la tabla.

Tabla 28

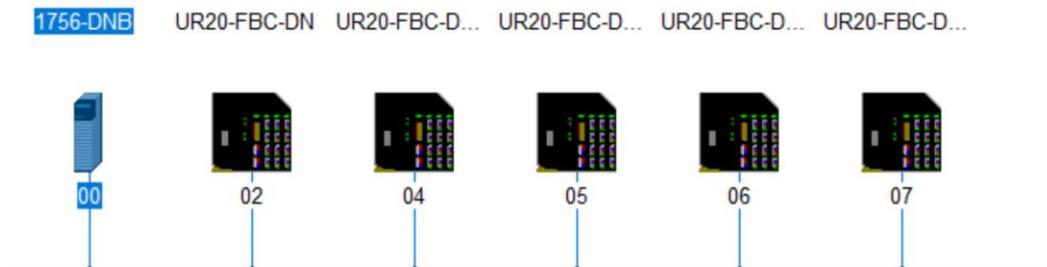
Dispositivos de la red DeviceNet práctica 2

Dispositivo	Direcciones
Módulo DeviceNet	00
Weidmüller Estación 1	02
Weidmüller Estación 2	06
Weidmüller Estación 3	05
Weidmüller Estación 4	07
Weidmüller Estación 5	04

En el software RSNetWorx for DeviceNet escaneamos nuevamente la red y podemos observar que se encuentran los dispositivos mencionados anteriormente.

Figura 132

Dispositivos configurados en red DeviceNet Práctica 2



En dicho software existen diversos indicadores para los distintos estados que pueden incurrir los dispositivos de la red, por lo que en la imagen siguiente se mostrara estos indicadores.

Figura 133

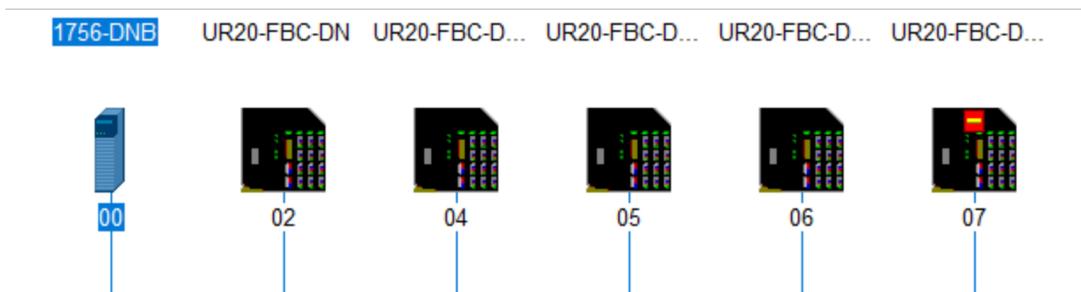
Indicadores de estado Software RSNetWorx

No icon	Match	The identity information for the device shown in the network configuration is the same as the identity information of the physical device.
	Mismatch	The identity information for the device shown in the network configuration is not the same as the identity information of the physical device.
	Missing	The device shown in the network configuration either is offline or it is not connected to the network.
	Unknown	The device shown in the network configuration exists in the offline configuration file, but the software has not yet identified the device in the browse sequence.
	SNN Error	The Safety Network Number in the safety device is either invalid or does not match the Safety Network Number for the device in the offline project.

Para la realización de esta prueba se desconectará el Weidmüller de la Estación 4 y se puede observar el indicador que aparece.

Figura 134

Red DeviceNet con desconexión de un dispositivo



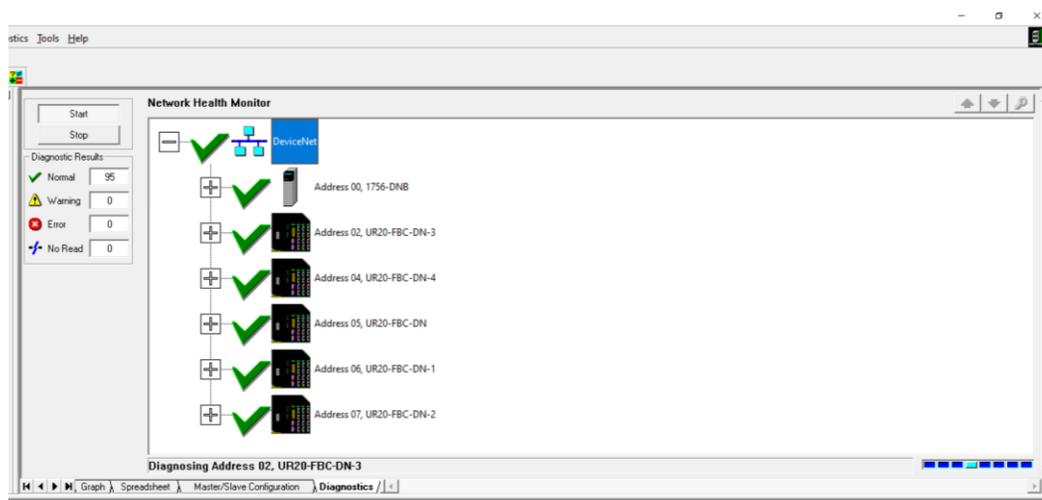
Como se observa en la Figura 89 se tiene el indicador de Missing el cual nos dice que un dispositivo que se muestra en la configuración de red esta fuera de línea o no está conectado a la red.

Diagnóstico de red DeviceNet Práctica 2.

Además, el software permite realizar un diagnóstico de la red en la cual se puede encontrar errores en las direcciones de entrada o salida, pero al estar configurada correctamente se observa que no existe ningún indicador de fallo.

Figura 135

Diagnóstico Red DeviceNet Práctica 1



Monitoreo y diagnóstico de la red DeviceNet Práctica 3.

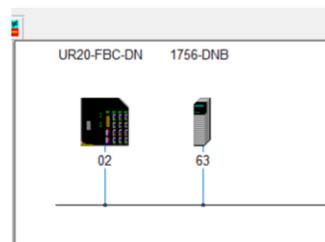
En la Práctica 2 se monitorea que cada módulo DeviceNet se encuentre enlazado con sus entradas y salidas distribuidas es decir su Weidmüller.

En el software RSNetWorx for DeviceNet escaneamos nuevamente la red y podemos observar que se encuentra cada módulo 1756-DNB con su Weidmüller.

Para la estación uno podemos observar que está conectado su módulo DeviceNet con su distribuidor de entradas y salidas.

Figura 136

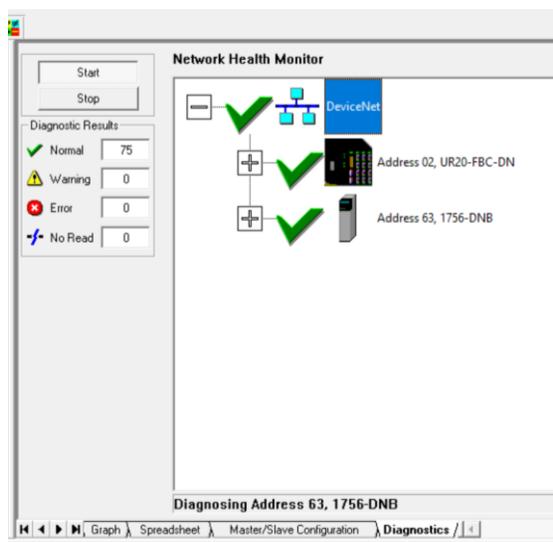
Conexión estación MAS-201 módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller



Al igual que ante se puede realizar un diagnóstico de nuestra red en la cual se observa que no existe ningún error.

Figura 137

Diagnóstico estación MAS-201 configuración módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller.



Esto se realiza para las demás estaciones.

Estación 3.

Figura 138

Conexión estación MAS-203 módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller

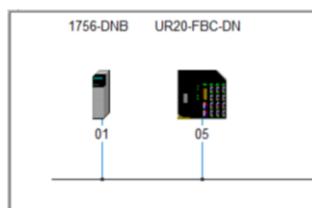
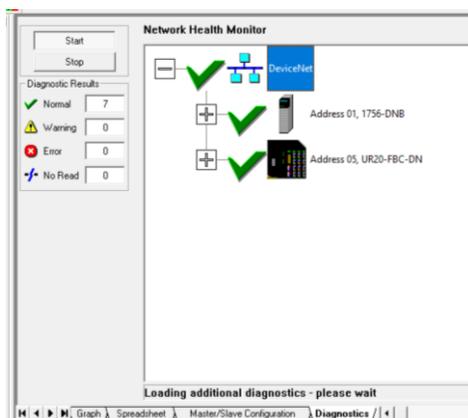


Figura 139

Diagnóstico estación MAS-203 configuración módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller



Estación 4.

Figura 140

Conexión estación MAS-204 módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller

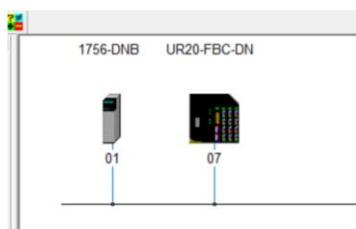
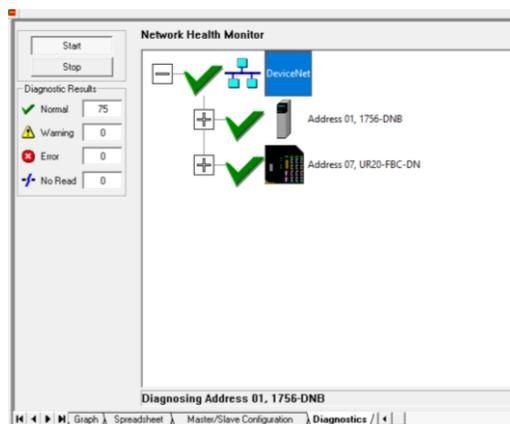


Figura 141

Diagnóstico estación MAS-204 configuración módulo DeviceNet con su respectivo módulo Weidmüller



Estación 5 y 2.

Figura 142

Conexión estación MAS-205 y MAS-202 módulo DeviceNet con sus respectivos módulos Weidmüller

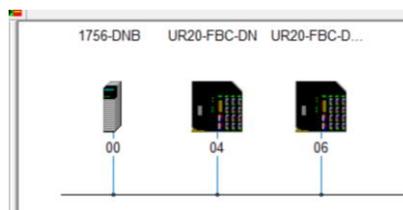
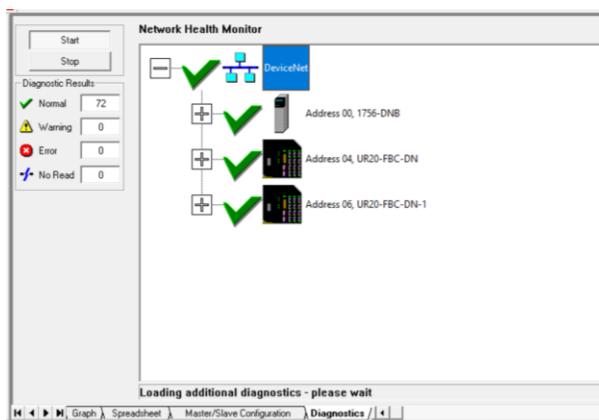


Figura 143

Diagnóstico estación MAS-205 y MAS-202 configuración módulo DeviceNet con sus respectivos módulos Weidmüller



Monitoreo red ControlNet Práctica 4.

En la práctica 4 se monitorea la red ControlNet la cual está conformada por los dispositivos que se muestran a continuación en la tabla.

Tabla 29

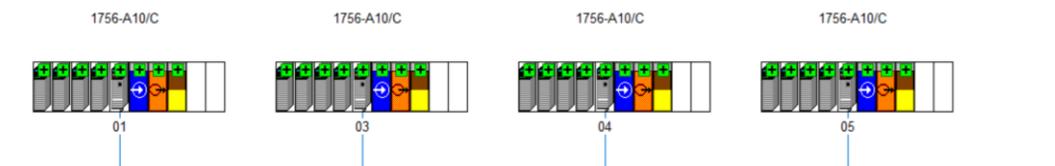
Dispositivos Red ControlNet práctica 4

Dispositivo	Dirección
Módulo ControlNet MAS-201	01
Módulo ControlNet MAS-203	03
Módulo ControlNet MAS-204	04
Módulo ControlNet MAS-205	05

En el software RSNNetWorx for ControlNet escaneamos nuevamente la red y podemos observar que se encuentran los dispositivos mencionados anteriormente.

Figura 144

Dispositivos configurados en red ControlNet Práctica 3

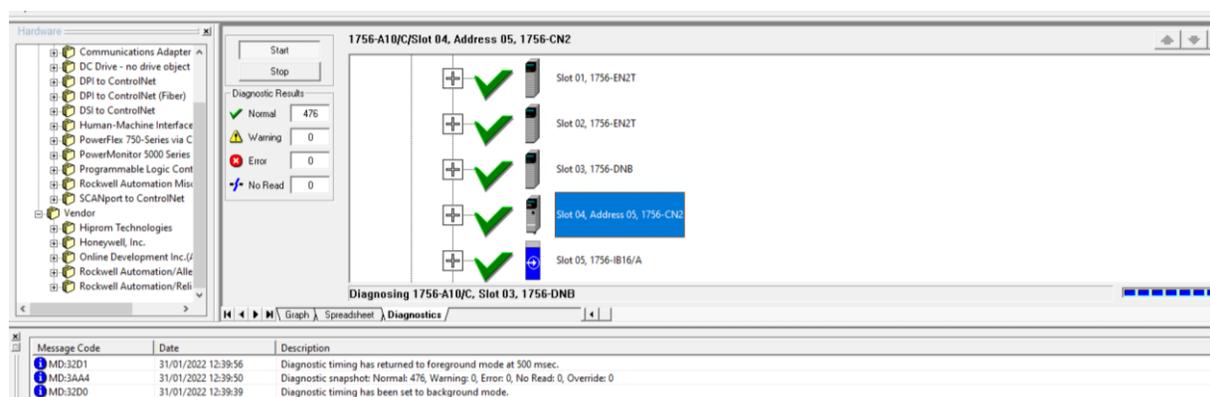


Diagnóstico red ControlNet Práctica 4.

Además, realizamos el diagnóstico de la red mediante el software en la cual podemos encontrar errores en las direcciones de entrada o salida, pero al estar configurada correctamente podemos observar que no tenemos ningún indicador de errores.

Figura 145

Diagnóstico red ControlNet práctica 4



A partir del monitoreo de las redes implementadas se evidencia que todos los módulos que intervienen en la red DeviceNet se conectan de una manera adecuada por lo tanto facilita el desarrollo e implementación de los diferentes tipos de red a nivel de control.

Pruebas de comunicación

Intercambio de datos Práctica 1.

En la práctica número 1 al trabajar con una sola estación no requiere el envío de datos entre ninguna estación

Intercambio de datos Práctica 2.

En la práctica número 2 al trabajar con un solo PLC no requiere el envío de datos entre ninguna estación

Intercambio de datos Práctica 3.

Para la práctica número 3 existe el envío de datos entre estaciones mediante la red Ethernet/IP para el funcionamiento del sistema mediante el modelo productor consumidor para lo cual mediante el software se observa los cambios de estado de la variables producidas y consumidas de cada estación.

De la Estación 5 se va a observar las variables producidas como cambian de valor para que con ello saber que se están enviando los datos a cada estación.

Estos son los valores iniciales de la variable Producida_E1

Figura 146

Estado inicial variable Producida_E1

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip	Con
Producida_E1	4		Decimal	DINT		
Producida_E1.0	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.1	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.2	1		Decimal	BOOL		
Producida_E1.3	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.4	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.5	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.6	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.7	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.8	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.9	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.10	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.11	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.12	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.13	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.14	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.15	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.16	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.17	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.18	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.19	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.20	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.21	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.22	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.23	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.24	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.25	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.26	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.27	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.28	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.29	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.30	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.31	0		Decimal	BOOL		

Como se ve a continuación existe un cambio en el bit 0 de la variable Producida_E1.

Figura 147

Cambio de estado variable Producida_E1

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip	Con
Producida_E1	5		Decimal	DINT		
Producida_E1.0	1		Decimal	BOOL		
Producida_E1.1	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.2	1		Decimal	BOOL		
Producida_E1.3	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.4	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.5	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.6	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.7	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.8	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.9	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.10	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.11	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.12	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.13	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.14	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.15	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.16	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.17	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.18	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.19	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.20	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.21	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.22	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.23	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.24	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.25	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.26	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.27	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.28	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.29	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.30	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.31	0		Decimal	BOOL		

Y para finalizar el proceso se observa que existe un cambio en el bit 0 y el bit 1 de la variables Producida_E1.

Figura 148

Estado final variable Producida_E1

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip	Con
Producida_E1	6		Decimal	DINT		
Producida_E1.0	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.1	1		Decimal	BOOL		
Producida_E1.2	1		Decimal	BOOL		
Producida_E1.3	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.4	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.5	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.6	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.7	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.8	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.9	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.10	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.11	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.12	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.13	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.14	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.15	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.16	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.17	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.18	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.19	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.20	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.21	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.22	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.23	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.24	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.25	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.26	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.27	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.28	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.29	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.30	0		Decimal	BOOL		
Producida_E1.31	0		Decimal	BOOL		

Por lo tanto, se determina que si existe un envío de datos.

Para la recepción de datos se observará las variables consumidas y nos centraremos en las que son enviadas por la Estación MAS-201.

En la imagen a continuación se ve el estado de las variables consumidas, esto se mirará en forma decimal.

Figura 149

Estado variables consumidas

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip Con
* Consumida_E1	6		Decimal	DINT	
* Consumida_E1 TiempoCiclo	44.34		Decimal	DINT	
* Consumida_E1 unidades...	28		Decimal	DINT	
* Consumida_E3	14		Decimal	DINT	
* Consumida_E3 TiempoCiclo	46.11		Decimal	DINT	
* Consumida_E4	12		Decimal	DINT	
* Consumida_E4 TiempoCiclo	77.30		Decimal	DINT	

Al iniciar el proceso se va a observar que existe un cambio en el estado de estas variables.

Figura 150

Cambio de estado variables Consumidas

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip Con
* Consumida_E1	2		Decimal	DINT	
* Consumida_E1 TiempoCiclo	44.34		Decimal	DINT	
* Consumida_E1 unidades...	28		Decimal	DINT	
* Consumida_E3	10		Decimal	DINT	
* Consumida_E3 TiempoCiclo	46.11		Decimal	DINT	
* Consumida_E4	2		Decimal	DINT	
* Consumida_E4 TiempoCiclo	77.30		Decimal	DINT	

Por lo cual se define, que si existe una recepción de datos por parte de la estación 5.

Para poder enlazar esta comunicación vamos a presentar el cambio de estado en las variables producidas y consumidas de la estación 201.

Para lo cual vemos el estado inicial de la variable Consumida_E5.

Figura 151

Estado Inicial variable Consumida_E5

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip	Con
Consumida_E5	4		Decimal	DINT		<input checked="" type="checkbox"/>
Consumida_E5.0	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.1	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.2	1		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.3	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.4	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.5	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.6	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.7	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.8	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.9	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.10	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.11	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.12	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.13	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.14	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.15	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.16	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.17	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.18	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.19	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.20	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.21	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.22	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.23	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.24	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.25	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.26	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.27	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.28	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.29	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.30	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.31	0		Decimal	BOOL		

Al iniciar el proceso se observa un cambio en el bit 0 de la variable Consumida_E5.

Figura 152

Cambio de estado variable Consumida_E5

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip	Con
Consumida_E5	5		Decimal	DINT		<input checked="" type="checkbox"/>
Consumida_E5.0	1		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.1	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.2	1		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.3	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.4	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.5	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.6	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.7	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.8	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.9	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.10	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.11	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.12	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.13	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.14	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.15	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.16	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.17	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.18	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.19	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.20	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.21	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.22	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.23	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.24	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.25	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.26	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.27	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.28	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.29	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.30	0		Decimal	BOOL		
Consumida_E5.31	0		Decimal	BOOL		

Y así mismo al finalizar el proceso existe un cambio en el bit 0 y 1 de la variable Consumida_E5.

Figura 153

Estado final variable Consumida_E5

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Con
Consumida_E5	6		Decimal	DINT	
Consumida_E5.0	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.1	1		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.2	1		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.3	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.4	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.5	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.6	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.7	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.8	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.9	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.10	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.11	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.12	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.13	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.14	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.15	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.16	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.17	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.18	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.19	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.20	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.21	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.22	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.23	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.24	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.25	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.26	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.27	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.28	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.29	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.30	0		Decimal	BOOL	
Consumida_E5.31	0		Decimal	BOOL	

Por lo que se determina que si existe un intercambio de datos entre las estaciones.

Esto se produce entre todas las estaciones debido a que existe un intercambio de datos entre las estaciones 1, 3 y 4 con la estación 5.

Intercambio de datos Práctica 4.

Para la Práctica 4 existe el envío de datos entre estaciones mediante la red ControlNet para el funcionamiento del sistema mediante el modelo productor consumidor, para lo cual mediante el software Studio 5000 se observa los cambios de estado de la variables producidas y consumidas de cada estación.

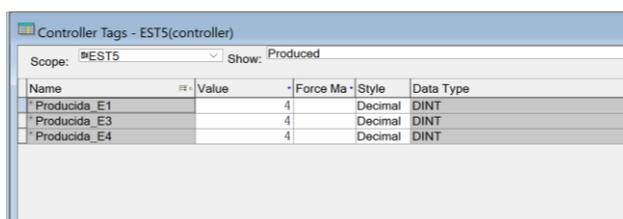
Para la realización de esta prueba desconectamos los cables Ethernet de comunicación de las estaciones 1,3 y 4 para comprobar que se haga el envío de datos mediante la red ControlNet.

En la Estación MAS-205 las variables producidas cambiaran de valor para saber que se están enviando los datos a cada estación.

Estos son los valores iniciales de la variable Producidas.

Figura 154

Estado inicial variable Producida_E1

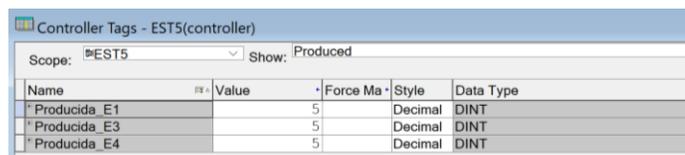


Name	Value	Force Ma	Style	Data Type
Producida_E1	4		Decimal	DINT
Producida_E3	4		Decimal	DINT
Producida_E4	4		Decimal	DINT

Como se ve a continuación existe un cambio en el valor de las variables Producidas.

Figura 155

Estado final variable Producida_E1



Name	Value	Force Ma	Style	Data Type
Producida_E1	5		Decimal	DINT
Producida_E3	5		Decimal	DINT
Producida_E4	5		Decimal	DINT

Por lo tanto, se define que si existe un envío de datos.

Para la recepción de datos por parte de la estación MAS-205 se observará las variables consumidas y específicamente en las que son enviadas por la Estación1.

En la imagen a continuación se observa el estado de las variables consumidas, esto se visualiza de forma decimal.

Figura 156

Estado variables consumidas

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type
* Consumida_E1	6		Decimal	DINT
* Consumida_E1_TiempoCiclo	23056		Decimal	DINT
* Consumida_E1_unidades...	28		Decimal	DINT
* Consumida_E3	6		Decimal	DINT
* Consumida_E3_TiempoCiclo	4459		Decimal	DINT
* Consumida_E4	4		Decimal	DINT
* Consumida_E4_TiempoCiclo	7407		Decimal	DINT

Al iniciar el proceso se ve que existe un cambio en el estado de estas variables.

Figura 157

Cambio de estado variables Consumidas

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type
* Consumida_E1	2		Decimal	DINT
* Consumida_E1_TiempoCiclo	23056		Decimal	DINT
* Consumida_E1_unidades...	28		Decimal	DINT
* Consumida_E3	10		Decimal	DINT
* Consumida_E3_TiempoCiclo	4459		Decimal	DINT
* Consumida_E4	2		Decimal	DINT
* Consumida_E4_TiempoCiclo	7407		Decimal	DINT

Por lo cual definimos que si existe una recepción de datos por parte de la estación 5.

Para poder enlazar los resultados de esta prueba de comunicación se presentará el cambio de estado en las variables producidas y consumidas de la estación MAS.201.

Para lo cual se mira el estado inicial de la variable Consumida_E5 y las variables producidas de la estación MAS-201.

Figura 158

Estado Inicial variable Consumida_E5

Logix Designer - ESTACION1 in ESTACION1_CNB.ACD [1756-L71 30.11]

File Edit View Search Logic Communications Tools Window Help

Run Mode: Run Mode, Controller OK, Energy Storage OK, I/O OK

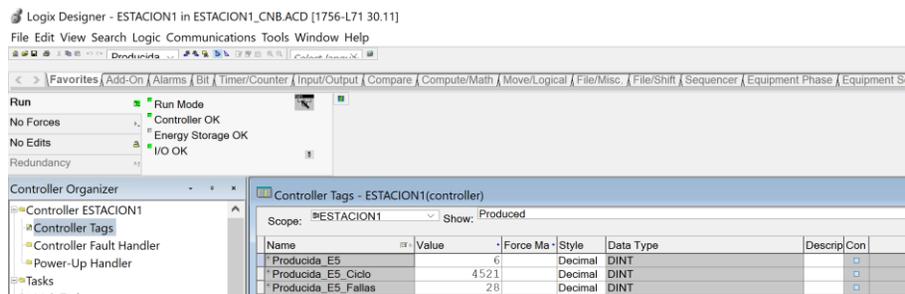
Controller Organizer: Controller ESTACION1, Controller Tags, Controller Fault Handler, Power-Up Handler

Controller Tags - ESTACION1(controller)

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type	Descrip
* Consumida_E5	4		Decimal	DINT	

Figura 159

Estado Inicial variables Producidas estación 1



Al iniciar el proceso se observa un cambio en la variable Consumida_E5 y las variables producidas de la estación MAS-201.

Figura 160

Cambio de estado variable Consumida_E5

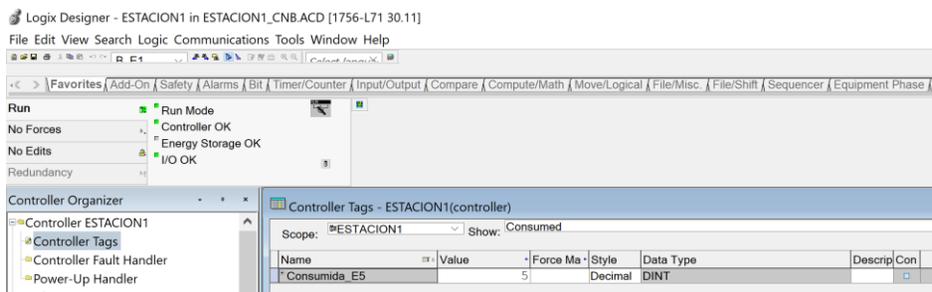
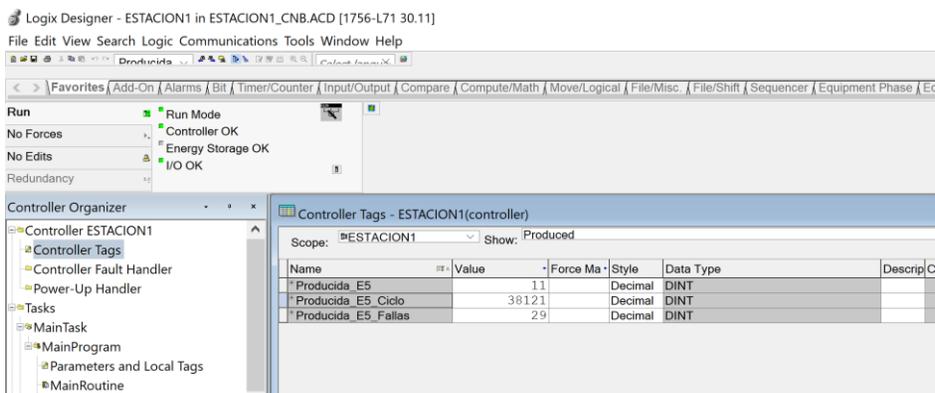


Figura 161

Cambio de estado variables producidas Estación 1



Por lo tanto, se determina que si existe un intercambio de datos entre las estaciones.

Esto se produce entre todas las estaciones debido a que existe un intercambio de datos entre las estaciones 1, 3 y 4 con la estación 5.

Intercambio de datos Práctica 5.

Para la Práctica 5 existe el envío de datos entre la estación 205 y 203 mediante la red Ethernet/IP para el funcionamiento individual de la estación 3 utilizando el modelo mensajería CIP para lo cual mediante el software Studio 5000 se observará el envío de los datos de Inicio, Paro, Reseteo y Modo de Marcha.

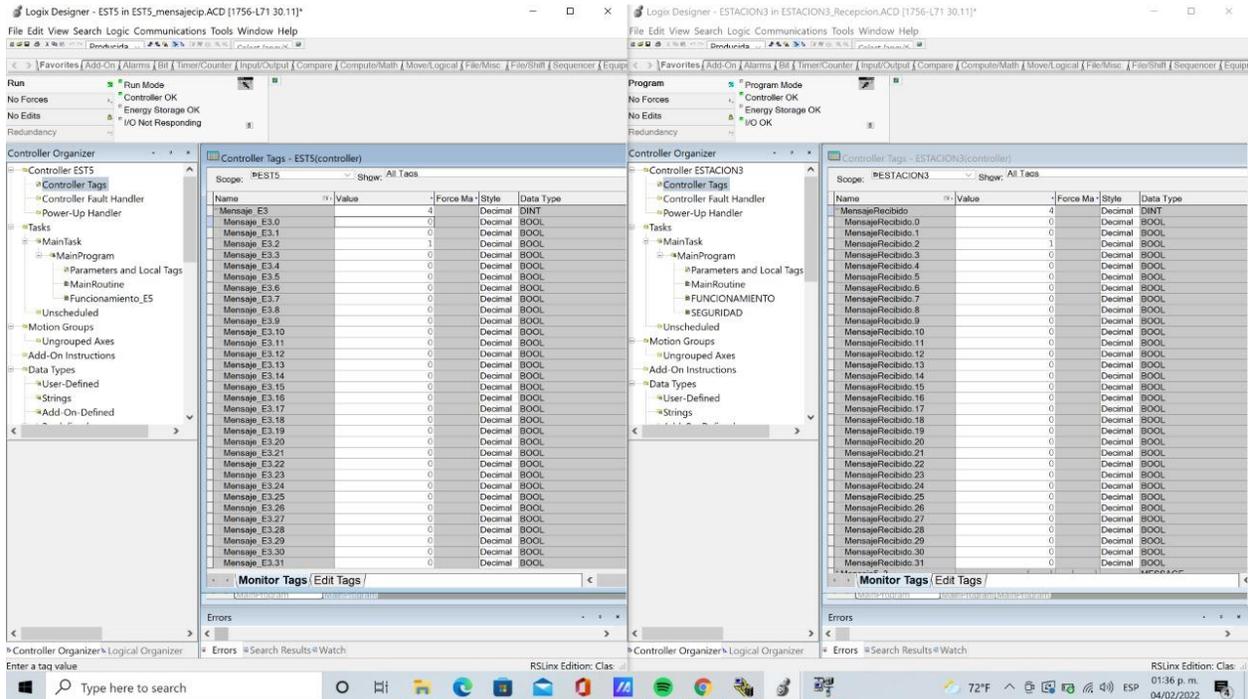
En la estación 205 y 203 se verá como las variables cambian de valor al pulsar los diferentes botones, con lo cual se sabrá que se están enviando los datos entre estas estaciones.

Por lo tanto, se mira la variable Mensaje_E3 de la estación 205 y la variable MensajeRecibido de la estación 203.

Para la prueba se pulso el botón de Inicio el cual se guardó en la variable Mensaje_E3 en el bit 2, con lo que se obtiene lo siguiente.

Figura 162

Estado inicial variable Producida_E5 de la estación 201 y la variable Consumida_E1



Como podemos observar existe un cambio en la variable en el bit 2 tanto de la variable Mensaje_E3 que envía los datos como la variable MensajeRecibido donde se reciben los datos.

Así mismo se pulso los demás botones dándonos como resultado lo mostrado en las siguientes imágenes.

Figura 163

Cambio de estado en las variables al pulsar el botón de paro

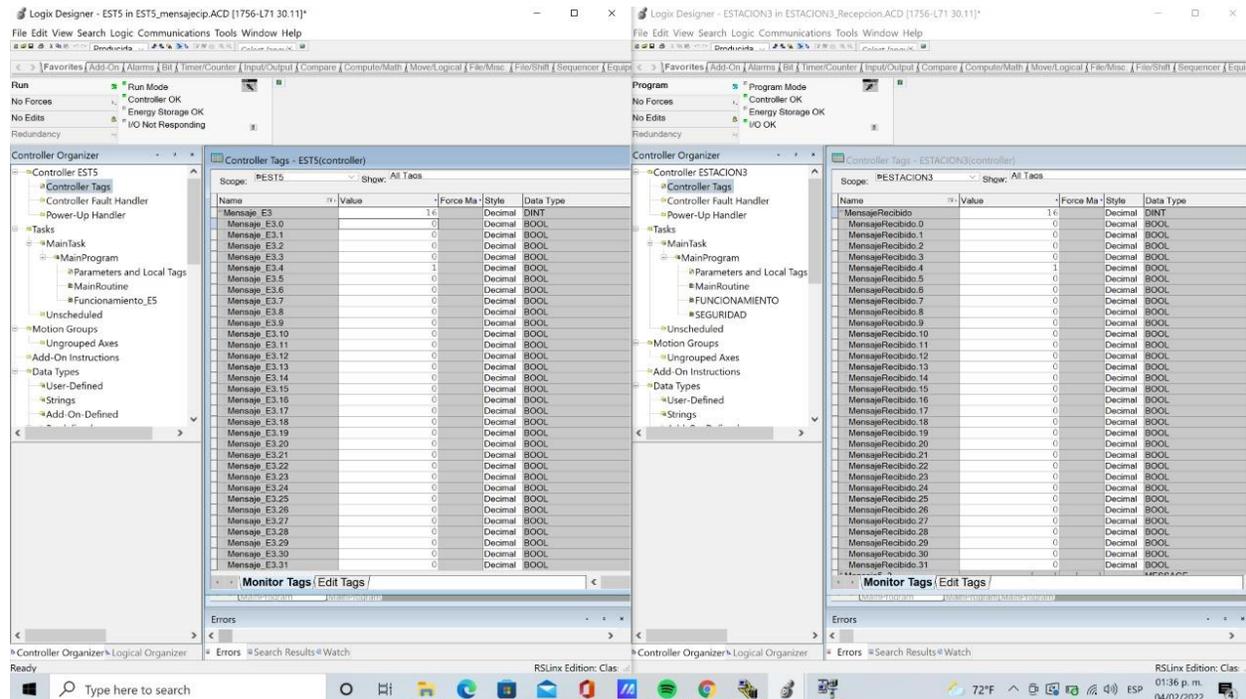


Figura 164

Cambio de estado variables al pulsar el botón de reset

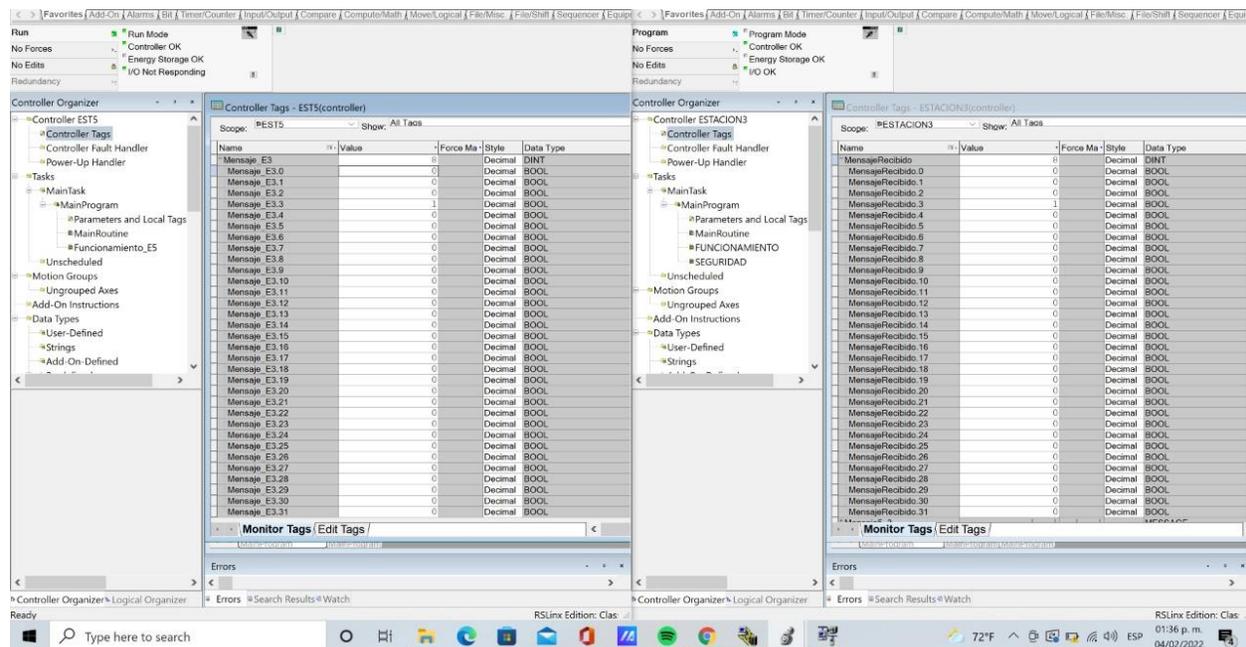
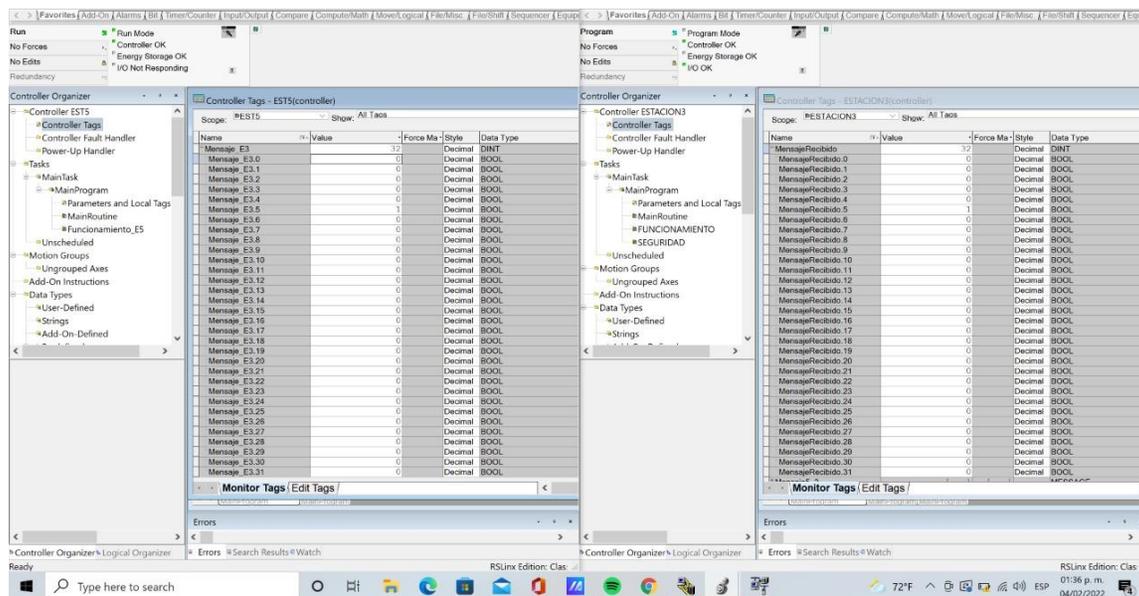


Figura 165

Cambio de estado variables al seleccionar el modo de marcha



Como se observa en las imágenes mostradas anteriormente al pulsar los botones cambia el estado en los diferentes bits de la estación 205 como la estación 203, por lo tanto, podemos deducir que existe un envío de datos desde la estación 205 y la Estación 203 los recibe correctamente.

Intercambio de datos Práctica 6.

Para la Práctica 6 existe el envío de datos entre estaciones mediante la red ControlNet y también la red Ethernet/IP para el funcionamiento del sistema utilizando el modelo mensajería CIP para lo cual mediante el software Studio 5000 se observará los cambios de estado de las variables que tendrán los mismos nombres de las variables producidas y consumidas de la anterior práctica.

En la estación 205 y estación 201 se verá como las variables cambian de valor para saber que se están enviando los datos entre estas estaciones.

Por lo tanto, se mira la variable Producida_E5 de la estación 201 y la variable Consumida_E1, cabe recalcar que los nombres de los tags son los mismos que anteriormente pero el envío ya no se lo realiza por modelo productor-consumidor sino por mensajería CIP.

Figura 166

Estado inicial variable Producida_E5 de la estación 1 y la variable Consumida_E1

The figure displays three screenshots of the Logix Designer software interface, showing the 'Controller Tags' window for different controllers. The screenshots are arranged horizontally.

Left Screenshot: Controller Tags - EST5(controller)

Name	Value	Force	Ma	Style	Data Type
Consumida_E1	6				Decimal DINT
Consumida_E1_TiempoCiclo	4107				Decimal DINT
Consumida_E1_unidades...	28				Decimal DINT
Consumida_E3	14				Decimal DINT
Consumida_E3_TiempoCiclo	70197				Decimal DINT
Consumida_E4	12				Decimal DINT
Consumida_E4_TiempoCiclo	9433				Decimal DINT
Local:3:I					AB:1756_DNB_500Bytes:1:1
Local:3:O					AB:1756_DNB_496Bytes:0:0
Local:3:S					AB:1756_DNB_Status_128Bytes:0:0
Local:5:C					AB:1756_DI:C:0
Local:5:I					AB:1756_DI:I:0
Local:6:C					AB:1756_DO:C:0
Local:6:I					AB:1756_DO:I:0
Local:6:O					AB:1756_DO:O:0
Local:7:C					AB:1756_IF4XOP2F:C:0
Local:7:I					AB:1756_IF4XOP2F:I:0
Local:7:O					AB:1756_IF4XOP2F:O:0
Mensaje1_1.5					MESSAGE
Mensaje1_3.5					MESSAGE
Mensaje1_4.5					MESSAGE
Mensaje2_1.5					MESSAGE
Mensaje2_3.5					MESSAGE
Mensaje2_4.5					MESSAGE
Mensaje3_1.5					MESSAGE
Mensaje5_1					MESSAGE
Mensaje5_3					MESSAGE
Mensaje5_4					MESSAGE
Producida_E1	4				Decimal DINT
Producida_E3	4				Decimal DINT
Producida_E4	4				Decimal DINT

Middle Screenshot: Controller Tags - ESTACION1

This screenshot shows the tag list for 'ESTACION1'. The 'Producida_E5' tag is highlighted in the list. The tag is of type 'Decimal DINT' and has a value of 0.

Right Screenshot: Controller Tags - ESTACION1(controller)

This screenshot shows the tag list for 'ESTACION1(controller)'. The 'Producida_E5' tag is highlighted. The tag is of type 'Decimal DINT' and has a value of 0. The 'Properties' window on the right shows the tag's configuration, including its name, description, usage, and data type.

Para saber que existe un intercambio de datos entre estas variables se procede a forzar el bit 9 de la variable Producida_E5.

Figura 167

Cambio de estado variable Producida_E5 de la estación 1 y la variable Consumida_E1

The screenshot displays two instances of the Logix Designer software, showing the Controller Tags editor for two different controllers: EST5 and ESTACION1.

Controller Tags - EST5(controller)

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type
Consumida_E1	518			Decimal DINT
Consumida_E1_TiempoCiclo	4107			Decimal DINT
Consumida_E1_unidades...	26			Decimal DINT
Consumida_E3	14			Decimal DINT
Consumida_E3_TiempoCiclo	7097			Decimal DINT
Consumida_E4	32			Decimal DINT
Consumida_E4_TiempoCiclo	9433			Decimal DINT
Local:3:I	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DNB_500Bytes:1:1
Local:3:O	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DNB_498Bytes:0:0
Local:3:S	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DNB_Status_128Bytes:5:5
Local:5:C	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DI:C:0
Local:5:I	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DO:1:0
Local:6:C	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DO:C:0
Local:6:I	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DO:1:0
Local:8:O	(...)	(...)	(...)	AB:1756_DO:0:0
Local:7:C	(...)	(...)	(...)	AB:1756_IF4XOF2F-C:0
Local:7:I	(...)	(...)	(...)	AB:1756_IF4XOF2F-CST:1:0
Local:7:O	(...)	(...)	(...)	AB:1756_IF4XOF2F-D:0
Mensaje1_1_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje1_3_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje2_1_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje2_3_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje2_4_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje3_1_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje3_1_5	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje5_1	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje5_3	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Mensaje5_4	(...)	(...)	(...)	MESSAGE
Producida_E1				Decimal DINT
Producida_E3	4			Decimal DINT
Producida_E4	4			Decimal DINT

Controller Tags - ESTACION1(controller)

Name	Value	Force Ma	Style	Data Type
Producida_E5	518			Decimal DINT
Producida_E5.0	0			Decimal DINT
Producida_E5.1	1			Decimal DINT
Producida_E5.2	1			Decimal DINT
Producida_E5.3	0			Decimal DINT
Producida_E5.4	0			Decimal DINT
Producida_E5.5	0			Decimal DINT
Producida_E5.6	0			Decimal DINT
Producida_E5.7	0			Decimal DINT
Producida_E5.8	0			Decimal DINT
Producida_E5.9	1			Decimal DINT
Producida_E5.10	0			Decimal DINT
Producida_E5.11	0			Decimal DINT
Producida_E5.12	0			Decimal DINT
Producida_E5.13	0			Decimal DINT
Producida_E5.14	0			Decimal DINT
Producida_E5.15	0			Decimal DINT
Producida_E5.16	0			Decimal DINT
Producida_E5.17	0			Decimal DINT
Producida_E5.18	0			Decimal DINT
Producida_E5.19	0			Decimal DINT
Producida_E5.20	0			Decimal DINT
Producida_E5.21	0			Decimal DINT
Producida_E5.22	0			Decimal DINT
Producida_E5.23	0			Decimal DINT
Producida_E5.24	0			Decimal DINT
Producida_E5.25	0			Decimal DINT
Producida_E5.26	0			Decimal DINT
Producida_E5.27	0			Decimal DINT
Producida_E5.28	0			Decimal DINT
Producida_E5.29	0			Decimal DINT
Producida_E5.30	0			Decimal DINT
Producida_E5.31	0			Decimal DINT

Como se observa al forzar el bit 9 cambia el valor decimal de la variable a 518, y podemos observar a la vez que en la variable Consumida_E1 también cambio a ese valor, por lo cual podemos deducir que existe un intercambio de datos entre estas estaciones. Esto se produce entre todas las estaciones para el correcto funcionamiento del sistema.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñaron un conjunto de seis prácticas de laboratorio de redes industriales utilizando el sistema MAS-200, las cuales ayudaran al desarrollo de competencias de los estudiantes en el diseño e implementación de sistemas automatizados.
- Al finalizar las prácticas se logró integrar el sistema en su totalidad con las combinaciones de tipos de redes, siendo utilizadas la red DeviceNet para el nivel de campo, ControlNet para el nivel de control y Ethernet/IP en el nivel de supervisión del sistema, de tal manera que representan los tres niveles inferiores de la pirámide de automatización.
- La herramienta que permite el desarrollo de las prácticas es RSNetWorx la cual tiene su aplicativo tanto para DeviceNet como para ControlNet, que permiten la configuración y monitoreo de estas redes, además las mismas herramientas comprueban que exista un correcto funcionamiento por parte de los dispositivos que están integrados en cada una de las redes.
- Se realizó el diagnostico de cada una de las redes implementadas mediante Software RSNetWorx para tener un funcionamiento correcto de todos los dispositivos en la red y con ello de todo el sistema MAS-200.
- Se verificó el correcto envío de datos entre estaciones mediante el modelo de Productor-Consumidor y mensajería CIP, debido a que es fundamental para el funcionamiento integrado de todo el sistema.
- Se elaboró la documentación requerida donde se plantea la problemática y su respectiva solución incluyendo manuales de configuración y hojas técnicas, para su

posterior uso en las siguientes generaciones de estudiantes de la asignatura de redes industriales.

Recomendaciones

- Se recomienda la revisión de las condiciones físicas tanto de los dispositivos del sistema MAS-200 como de las conexiones para cada tipo red con lo cual se garantizará el correcto funcionamiento del sistema.
- Se recomienda estrictamente verificar la posición del brazo central de la estación MAS-205 antes de iniciar el proceso, debido a que una errónea posición provocaría un daño en las mangueras de conexión del mismo.
- Se recomienda revisar cada una de las especificaciones de los protocolos de comunicación que se emplean en este caso DeviceNet, ControlNet y Ethernet/IP, para que con ello se tenga un entendimiento adecuado del procedimiento a seguir para su correcta configuración.
- Se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante en cuanto a los cables y conectores que se emplean para cada tipo de red, para que con ello obtener un correcto funcionamiento.
- Se recomienda realizar el diagnóstico de cada red que se implemente dado que con ellos observaremos los errores que puedan existir mediante los propios indicadores de este software, en este caso fue de mucha ayuda para resolver el inconveniente del tamaño de entrada y salida de los dispositivos.

Fuentes Bibliográficas

- ArtChist. (2020). *Consejos en el manejo del Cable Coaxial*.
<https://artchist.blogspot.com/2019/02/precauciones-consejos-en-el-manejo-del.html>
- Aula21. (2020). *Qué son las redes de comunicación industrial*.
<https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/>
- Componentes, I. (1991). *Pinout y conexión del RJ45*. 1–12.
- Cortés, J., López, L., & Yerbafría, H. (2013). *Diseño de una red ControlNet y Ethernet en una línea de producción de frituras*. Escuela Pólitécnica Nacional.
- D-Link. (2022). *DES-3526*. <https://www.dlink.ru/mn/products/1/407.html>
- Dávila, C., & Castillo, M. (2018). Red de datos de uso industrial DeviceNet. In *INACAP IQUIQUE*. <https://doi.org/10.1515/9783110909456-001>
- Electro DH. (2015). *Conectores TNC*. <https://www.electrodh.com/catalogo/ver-item.action?id=17910&d=1>
- Galdeano, F., & Andreoni, M. (2015). *Ethernet-Ethernet/IP*. Universidad Nacional de San Juan.
- Gamboa, M. (2018). Implementación de prototipos de drivers de comunicación y hojas de datos (EDS) DeviceNet de bajo costo para sensores industriales analógicos y discretos. In *Escuela Politécnica Nacional*.
- Hurtado, J. M. (2017). Introducción a las Redes de Comunicación Industrial. *Linares-Departamento de Electricidad y Electrónica*, 19.
http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf
- Inacap. (2013). *Bus de Comunicación DeviceNet*.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 17(1), 45–49.

- Kelley, E., & Juiz, F. (2012). *Características de la red Ethernet*.
- Muñoz, J. (2007). Estudio de aplicación de los estándares DeviceNet y ControlNet de comunicaciones industriales como solución de red de campo y proceso en una planta industrial. *UACH*, 28–68.
- ODVA. (2021). *About ODVA*. 1–5.
- OMRON Automation. (2020). *UR20-FBC-DN*. <https://industrial.omron.es/es/products/S8VK-G06024>
- Rockwell Automation. (2021). *Módulos ControlLogix Allen-Bradley*.
<https://www.rockwellautomation.com/es-pr/products/hardware/allen-bradley/i-o/chassis-based-i-o/1756-controllogix-i-o.html>
- S&M. (2016). *Conectores BNC*. <https://servimarcosinfo.wixsite.com/symseguridad/product-page/conector-bnc>
- Schiffer, V. (2016). The Common Industrial Protocol (CIP™) and the Family of CIP Networks. *ODVA, Inc, February*, 1–134.
- Sen, S. K. (2017). Fieldbus and networking in process automation. In *Fieldbus and Networking in Process Automation*. <https://doi.org/10.1201/b16891>
- SMC International Training. (2021). *MAS-200 sistema modular de ensamblaje*.
<https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/134>
- Tunning. (2010). Teoría de Redes. *Curso Redes ControlNet-DeviceNet*, 1, 156.
- Universidad de Valencia. (2009). Redes de comunicación industriales. *Estudi General Valencia*, I, 39–60.
- Weidmüller Interface GmbH & co. (2021). *UR20-FBC-DN*.
https://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?ObjectID=1334900000&_gl=1*15of1

ANEXOS

Anexo 1. Diagramas de Flujo.

Anexo 2. Tabla de asignación de recursos.

Anexo 3. Guías de laboratorio.