



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA
INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA
EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS
TANDEM A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ
ESCUINTLA**

Nimrod Ronaldo Girón Contreras

Asesorado por el Ing. Julio César Solares Peñate

Guatemala, enero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA
INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL
SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR
EN EL ÁREA DE MOLINOS *TANDEM* A Y B EN PANTALEÓN S.A.
INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

NIMROD RONALDO GIRÓN CONTRERAS
ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR SOLARES PEÑATE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO
GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADORA	Inga. Maria Magdalena Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS *TANDEM* A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 10 de marzo de 2018.



Nimrod Ronaldo Girón Contreras

Guatemala, 30 de mayo de 2018

**Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, USAC.**

Estimada Ingeniera:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS *TANDEMA Y B* EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante **Nimrod Ronaldo Girón Contreras**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro en particular, aprovecho la oportunidad para saludarla.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio C. Solares Peñate
Asesor



Guatemala, 08 de agosto de 2018.
Ref.EPS.DOC.627.08,18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Nimrod Ronaldo Girón Contreras** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, Registro Académico No. **199911078** y CUI **2257 11044 0502**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS TANDEM A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ, ESCUINTLA"**.

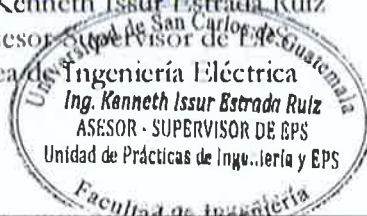
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica





Guatemala 08 de agosto de 2018.
Ref.EPS.D.288.08.18.

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS TANDEM A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ, ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Nimrod Ronaldo Girón Contreras**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Julio César Solareas Peñate y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 55. 2018.
4 DE JUNIO 2018.


Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS TANDEM A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ, ESCUINTLA,** del estudiante; **Nimrod Ronaldo Girón Contreras,** que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica





REF. EIME 55. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: NIMROD RONALDO GIRÓN CONTRERAS titulado: MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS TANDEM A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ, ESCUINTLA. procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andrino González



GUATEMALA, 8 DE AGOSTO 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

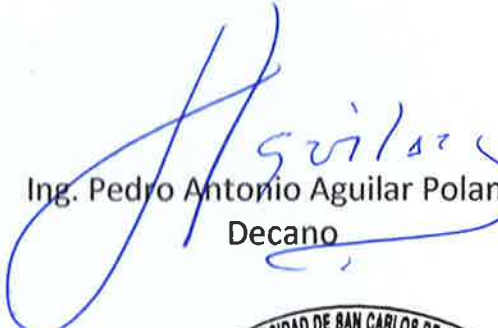


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 009.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS TANDEM A Y B EN PANTALEÓN S. A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **Nimrod Ronaldo Girón Contreras**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2019

/gdech



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MEJORA DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE RED DLR CUYA INFRAESTRUCTURA SE ENCARGA DE LA SUPERVISIÓN DEL SUBPROCESO DE LA EXTRACCIÓN DE JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ÁREA DE MOLINOS *TANDEM* A Y B EN PANTALEÓN S.A. INGENIO AZUCARERO SIQUINALÁ ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 10 de marzo de 2018.

Nimrod Ronaldo Girón Contreras

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por su amor, su bondad, la vida y sabiduría que me brinda día con día.
Mis padres	Sarbelio Girón Hernández y Zoila Esperanza Contreras de Girón. Su amor será siempre mi inspiración.
Mis hermanos	Eddy, Marlys, Edwin, Boris, Manfred y David. Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis abuelos	Jorge Contreras, Gudelia Juárez, Eduardo Girón, Antonina Hernández. Por sus consejos llenos de amor. Descansen en paz.
Mis sobrinos	Daniel, Andrés Chan Girón y Adriana Girón García, por brindarme su cariño.
Mis amigos	Por las experiencias vividas y compartidas.

AGRADECIMIENTOS

Pantaleón S.A.

Por haberme dado la oportunidad de realizar el presente trabajo e iniciar mi desarrollo profesional con los conocimientos adquiridos en dicha industria.

**Ing. Carlos
Gómez**

Por permitirme realizar el presente trabajo en el Departamento de Automatización del Ingenio Pantaleón, así como por brindarme su apoyo incondicional.

Sres.

Ángel Estrada y Fredy Colindres, por compartir conmigo sus valiosos conocimientos en el ramo azucarero y brindarme el apoyo necesario para la realización de este trabajo.

**Personal Ingenio
Pantaleón**

Por qué hicieron que mi estadía en la empresa fuera agradable y por colaborar en las actividades que ahí desarrolle.

Asesor:

Ing. Julio Solares, por su amable atención, asesoría y orientación en la realización del trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. GENERALIDADES DEL INGENIO AZUCARERO PANTALEÓN S.A.....	1
1.1. Historia de la industria azucarera en Guatemala.....	1
1.2. Descripción del ingenio.....	2
1.3. Estructura organizacional del ingenio.....	6
1.4. Periodo de operación del ingenio.....	9
1.5. Descripción de la actividad productiva.....	10
1.5.1. Producción de azúcar y mieles.....	11
1.5.2. Cogeneración de energía eléctrica.....	22
1.6. Descripción de las áreas del proceso.....	24
1.6.1. Área de maquinaria y/o equipos.....	25
1.6.2. Patio de caña.....	28
1.6.3. Molinos.....	29
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	45
2.1. Conceptos generales de redes.....	45
2.1.1. Definición de redes.....	53
2.1.2. Protocolos de redes.....	54

2.1.3.	Topología de redes.....	55
2.1.4.	Elementos de una red.....	58
2.1.5.	Modelo OSI	61
2.1.6.	Modelo TCP/IP	67
2.2.	Tipo de redes	72
2.2.1.	Definición.....	73
2.2.2.	Redes industriales.....	74
2.2.3.	Clasificación de redes insdustriales	76
2.2.4.	Tipo de redes de Allen Bradley	78
2.3.	Software RSLinx Classic y RSLogix 5000.....	83
2.3.1.	¿Qué es RSLinx Classic?.....	83
2.3.2.	Herramientas.....	84
2.3.3.	Funciones.....	85
2.3.4.	¿Qué es RSLogix 5000?	89
2.3.5.	Herramientas.....	89
2.3.6.	Funciones.....	91
2.4.	Conceptos de EtherNet/IP.....	100
2.4.1.	Definición.....	100
2.4.2.	Protocolo EtherNet/IP.....	101
2.4.3.	Estándares e implementación	104
2.4.4.	Protocolo industrial común CIP	108
2.5.	Normas de instalación cableado estructurado	113
2.5.1.	Normas.....	115
2.5.2.	Cableado estructurado.....	117
2.6.	Tecnología de interruptor incorporado EtherNet/IP	128
2.6.1.	Red de anillo a nivel dispositivo DLR	129
2.6.2.	Productos de <i>Rockwell Automation</i> con tecnología de interruptor incorporado.....	133

2.6.3.	Elementos de la red DLR.....	133
2.6.4.	Función de red DLR.....	137
2.6.5.	Configuración de dispositivos en una red DLR.....	139
2.6.6.	Administración de fallos en la red.....	141
3.	DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES	145
3.1.	Evaluación de la red DLR	145
3.2.	Diagrama de red DLR.....	153
3.2.1.	Elemento supervisor activo.....	156
3.2.2.	Elemento nodo de anillo	158
3.3.	Elementos del nodo.....	160
3.3.1.	Ubicación	160
3.3.2.	Tipo de instalación.....	162
3.4.	Protecciones.....	163
3.4.1.	Interruptores automáticos magnéticos.....	163
3.4.2.	Sistema de tierras.....	165
3.5.	Cableado	165
3.5.1.	Normas	167
3.5.2.	Instalación del cable excedente.....	167
3.5.3.	Distribución por ductos, bandejas, tubería.....	170
4.	PROPUESTA DE MEJORAS DE RENDIMIENTO DE LA RED DLR ...	173
4.1.	Propuesta para configurar un supervisor de respaldo en una DLR	173
4.1.1.	Nodo de anillo en una red DLR.....	175
4.1.2.	Supervisor de anillo en una red DLR.....	177
4.2.	Evaluar elementos de una red DLR.....	179
4.2.1.	Análisis de elementos de una red DLR.....	179

4.2.2.	Módulo 1756-EN2TR.....	188
4.2.3.	Toma 1783-ETAP1F	196
4.3.	Métodos para configuración de módulos 1756-EN2TR y tomas 1783_ETAP1F	204
4.3.1.	Configuración nodo supervisor de anillo activo	205
4.3.2.	Configuración nodo supervisor de respaldo	226
4.3.3.	Configuración nodo de anillo	232
4.4.	Instalación de dispositivos en una red DLR	233
4.4.1.	Método de instalación de dispositivo	234
4.4.2.	Consideraciones de configuración	236
4.5.	Puerto del dispositivo	237
4.5.1.	Monitoreo de dispositivo.....	237
4.5.2.	Acceso a página web del dispositivo	240
4.5.3.	Interpretación de datos de la página web del dispositivo.....	246
4.5.4.	Corrección de fallos.....	248
4.5.5.	Metodología en la corrección de fallos	250
4.6.	Estructura de cableado	254
4.6.1.	Análisis de cableado en red DLR	255
4.6.2.	Aplicar normas según se requiera.....	257
4.6.3.	Correcciones implementadas	258
	CONCLUSIONES.....	263
	RECOMENDACIONES	265
	BIBLIOGRAFÍA.....	267
	ANEXO	269

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ingenio Pantaleón a finales del siglo XX	4
2.	Ingenio azucarero Pantaleón S.A.....	5
3.	Gobierno corporativo Pantaleón S.A.	7
4.	Organigrama área de automatización Pantaleón S.A.	8
5.	Vista panorámica tándem A y B	13
6.	Esquema general del clarificador	15
7.	Llenado de jumbo en tolva de descarga.....	19
8.	Diagrama de flujo del proceso.....	21
9.	Caldera acuotubular para bagazo de caña, área de calderas	24
10.	Área de extracción de jugo.....	25
11.	Grúas de volteo patio de caña Pantaleón S.A.....	26
12.	Patio de caña Pantaleón S.A	29
13.	Molino de caña de azúcar	30
14.	Eje y casco de molino de caña.....	31
15.	Arreglo de mazas en forma triangular	33
16.	Maza de alimentación y descarga en 3D	34
17.	Representación de un molino de caña	35
18.	Motor DC, molino 1 tándem B	37
19.	Motor hidráulico, molino 1 tándem A	38
20.	Conductor intermedio 3 tándem B.....	40
21.	Motor DC acoplado con reductor de alta, molino 4 tándem A	41
22.	Pantalla de interface sistema de control molinos tándem A	42
23.	Muestreador tándem A y B.....	43

24.	Esquema de medios guiados.....	51
25.	Topología híbrida	58
26.	Elementos de una red.....	59
27.	Datos emitidos y recibidos por una computadora por la pila OSI	63
28.	Trama Ethernet, capa de enlace de datos modelo OSI	65
29.	Comparación entre modelos OSI y TCP/IP	69
30.	Clasificación de redes industriales.....	77
31.	RSLinx Classic Lite (RSWho)	84
32.	Barra de herramientas RSLinx.....	85
33.	Barra de título RSLinx.....	86
34.	Descripción barra de título de control RSLinx.....	86
35.	Barra de menú RSLinx.....	87
36.	Descripción barra de menú RSLinx	87
37.	Configurar un controlador	88
38.	Barra de herramientas RSLogix.....	89
39.	Creación proyecto en RSLogix 5000	92
40.	Creación de un proyecto para el controlador desde RSLogix 5000	93
41.	Añadir los módulos de E/S desde RSLogix 5000.....	94
42.	Introducción lógica de escalera	95
43.	Lógica de escalera.....	95
44.	Ejemplo lógica de escalera	96
45.	Creación de rutinas en RSLogix 5000	97
46.	Ejecución de una rutina	97
47.	Información de E/S en conjunto de <i>tags</i>	98
48.	Asignación de <i>tags</i> de alias	99
49.	Ejemplo EtherNet/IP	103
50.	Topología Ethernet	105
51.	Topología física y lógica	108
52.	Modelo OSI para EtherNet/IP	109

53.	Integración de la arquitectura CIP en el modelo OSI de red	110
54.	Mensajes explícitos CIP	111
55.	Integración de EtherNet/IP al modelo OSI	112
56.	Configuración cable UTP	119
57.	Ángulo crítico Θ_c	122
58.	Configuración de conectores 568SC.....	125
59.	Conector ST	126
60.	Conector SC.....	126
61.	Conector LC	127
62.	Radio de curvatura.....	128
63.	Diagrama de red DLR	130
64.	Ejemplo de redes DLR	134
65.	Operación normal de red DLR	138
66.	Configuración de dispositivos método RSLogix	140
67.	Configuración de dispositivos método RSLinx	141
68.	Recuperación de la red después de un fallo	142
69.	Página de estado RSLogix 5000 para un supervisor activo.....	143
70.	Página de estado RSLinx para supervisor activo	144
71.	Página web del dispositivo	144
72.	Módulo de red 1756-EN2TR instalado en su chasis	146
73.	Configuración módulo 1756-EN2TR visto en RSLinx.....	147
74.	Dirección IP y máscara de red del módulo de red 1756-EN2TR.....	148
75.	Módulos ETAP instalados en campo.....	149
76.	Configuración módulo ETAP visto desde RSLinx	150
77.	Dirección IP y máscara de red módulo ETAP	151
78.	Diagrama de red DLR tándem A	154
79.	Diagrama de red DLR tándem B	155
80.	Módulos de red 1756-EN2TR instalados en un chasis ControlLogix .	156

81.	Valores de dirección IP y máscara de red de los módulos de red 1756-EN2TR tándem A y B	157
82.	Valores de precedencia para ambos módulos	157
83.	Configuración básica módulos ETAP desde RSLogix	159
84.	Selección modo supervisor y valor de precedencia para el módulo ETAP desde RSLogix	159
85.	Módulos ETAP instalados en armarios	162
86.	Interruptores instalados en armarios.....	164
87.	Barra de tierra área de molinos.....	165
88.	Conexiones entre módulos	166
89.	Instalación excedente de fibra óptica.....	168
90.	Distribución cable de red a lo largo de las instalaciones.....	169
91.	Instalación excedente cable de red.....	170
92.	Instalación de fibra óptica en ductos, bandejas y tuberías.....	171
93.	Parámetros de configuración 1756-EN2TR desde RSLinx.....	183
94.	Configuración del puerto desde RSLinx Classic	184
95.	Cuadro configuración del puerto desde RSLinx Classic	186
96.	Cuadro configuración de red para el módulo 1756-EN2TR	187
97.	Módulo de red 1756-EN2TR.....	188
98.	Módulo 1756-EN2TR vista frontal.....	189
99.	Vista de perfiles del módulo 1756-EN2TR	191
100.	Interruptores giratorios del módulo 1756-EN2TR.....	192
101.	Diagrama frontal módulo 1756-EN2TR.....	192
102.	Módulo 1783-ETAP1F	196
103.	Componentes del módulo 1783-ETAP1F	197
104.	Puertos módulo ETAP2F	203
105.	Lista de elementos del árbol de red desde RSLinx Classic	207
106.	Configuración dirección IP módulo 1756-EN2TR.....	208
107.	Propiedades módulo 1756-EN2TR desde RSLogix 5000	210

108.	Configuración módulo 1756-EN2TR desde RSLogix 5000	211
109.	Árbol de red RSLinx Classic.....	214
110.	Configuración módulo 1756-EN2TR desde RSLinx Classic.....	215
111.	Cuadro Network módulo 1756-EN2TR desde RSLinx Classic.....	216
112.	Configuración avanzada de la red, desde RSLinx Classic	217
113.	Ajustes de puertos módulo EN2TR tándem B.....	219
114.	Árbol I/O programa RSLogix 5000	221
115.	Contoller Organizer RSLogix.....	222
116.	Configuración módulo 1756-EN2TR	223
117.	Cuadro Port Configuration.....	224
118.	Cuadro <i>Network</i>	225
119.	Cuadro <i>Advanced Configuration</i> 1756-EN2TR	226
120.	Configuración primer supervisor de respaldo módulo 1783-ETAP1F red tándem B.....	227
121.	IP y configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, primer supervisor de respaldo red tándem B.....	228
122.	IP y configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, segundo supervisor de respaldo red tándem B.....	229
123.	Configuración primer supervisor de respaldo módulo 1783-ETAP1F red tándem A.....	230
124.	IP y configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, primer supervisor de respaldo red tándem A.....	231
125.	Configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, segundo supervisor de respaldo red tándem A.....	232
126.	IP y configuración de puerto nodo de anillo	233
127.	Asignación IP módulos ETAP	235
128.	Interruptores módulo ETAP	236
129.	Monitoreo de dispositivo por medio de RSLinx	238
130.	Monitoreo de dispositivo por medio de RSLogix	239

131.	Acceso de la página web del módulo.....	240
132.	Configuración adaptador de red computadora portátil.....	241
133.	Acceso de la página web del módulo.....	243
134.	Diagrama de conexión módulos ETAP's al <i>switch</i> Ethernet red tándem A	244
135.	Diagrama de conexión módulos ETAP's al <i>switch</i> Ethernet red tándem B	245
136.	<i>Switch</i> Ethernet 4 puertos.....	246
137.	Estadísticas del nodo desde interfaz web del dispositivo.....	248
138.	Parametros de anillo	249
139.	Localización de fallo.....	251
140.	Distribución del cable en las intalaciones	255
141.	Cables distribuidos dentro de los armarios	256
142.	Secciones de red que requieren atención.....	257
143.	Distribución de la fibra óptica.....	260
144.	Radio mínimo de curvatura para cable UTP	261

TABLAS

I.	Clima de la región	9
II.	Comparativa WLAN – LAN cableada.....	52
III.	Capa del modelo OSI.....	64
IV.	Segmento trama Ethernet.....	66
V.	Capas protocolo TCP/IP y equivalentes modelo OSI.....	68
VI.	Redes según la clase de IP	71
VII.	Clasificación de redes.....	72
VIII.	Adaptación Ethernet más populares	120
IX.	Características de transmisión.....	124
X.	Elementos de red tándem B	151

XI.	Elementos de red tándem A.....	152
XII.	Ubicación de armarios.....	161
XIII.	Elementos encargados de la supervisión del subproceso de esxtraccion de jugo de la caña de azúcar tándem A.....	180
XIV.	Elementos encargados de la supervisión del subproceso de extracción de jugo de la caña de azúcar tándem B.....	181
XV.	Características técnicas módulo 1756-EN2TR.....	190
XVI.	1756-EN2TR Estados posibles de leds frontales.	193
XVII.	Descripción de los componentes del módulo 1783-ETAP1F	198
XVIII.	Estados posibles de leds frontales módulo 1783-ETAP1F.....	199
XIX.	Especificaciones técnicas módulo 1783-ETAP1F	201
XX.	Descripción de la numeración de la figura 104	204
XXI.	Descripción enlaces interfaz web del dispositivo	247
XXII.	Dirección MAC de los módulos y su ubicación.....	252
XXIII.	Descripción de ubicación de correcciones	259

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
HP	Caballos de fuerza
Hrs	Horas
m	Metro
mA	mili amperios
ms	mili segundos
us	micro segundos
W	Vatio

GLOSARIO

<i>Advanced Port Configuration</i>	Configuraciones avanzadas del puerto.
Alcalizado	Proceso mediante el cual se le agrega al jugo extraído de la caña, cierta cantidad de una dilución de cal con agua para neutralizar la acidez del jugo.
AR	Armario remoto.
AWG	El método estandarizado de medir el grosor de un cable (<i>American Wire Gauge</i>).
Bagazo	Fibra esponjosa que se obtiene del producto de la trituración y extracción del jugo que sale del último molino.
BX	Funda de ducto para protección de cables.
Conductor intermedio	Equipo que transporta bagazo entre dos molinos.
CIP	Protocolo industrial de comunicaciones.
dB	Decibeles.
DC	Corriente directa.

DLR	Red de anillo a nivel dispositivo.
<i>Domain Name</i>	Nombre de dominio en una red.
<i>Duplex</i>	Mantener una comunicación bidireccional.
Extracción	Proceso mediante el cual se separa el jugo de la caña de la fibra de la caña, por medio de la molienda.
<i>Ethernet</i>	Protocolo utilizado en redes de comunicación.
<i>Gateway</i>	Comporta de acceso en una red.
Grúa de volteo	Equipo que se utiliza para descargar la caña de las jaulas a las mesas de caña.
Imbibición	Proceso mediante el cual se aplica cierta cantidad de agua a una temperatura determinada al bagazo que sale del penúltimo molino para extraer de esta manera la mayor cantidad de azúcar contenido en este.
<i>IP</i>	Protocolo de internet.
MAC	Dirección física que identifica a un dispositivo de red.
Maza	Rodillo ranurado de hierro fundido o acero, que sirve para comprimir el bagazo y extraer el jugo.

Molinos	Equipo que se utiliza para extraer el jugo de la caña, conformado por cuatro mazas.
Mps	Mega bits por segundo.
Network	Red.
Nodo	Elemento que conforma y conecta una red.
PIA	Pequeños interruptores automáticos.
Precedencia	Valor que se asigna a un superviso de anillo activo o de respaldo.
RPM	Revoluciones por minuto.
Setting	Medida de ajuste para alcanzar la máxima extracción de sacarosa en molinos.
Supervisor activo	Elemento principal de una red DLR.
Supervisor de respaldo	Elemento secundario de una red DLR.
TA	Tándem A.
TB	Tándem B.
TCP/IP	Protocolo de red.

RESUMEN

La investigación contiene las generalidades del ingenio Pantaleón S.A., a la vez se realizó un análisis de la situación actual del área de molino en donde se encuentra la infraestructura de red, para formarse una idea de los puntos críticos existentes y diagnosticar correctamente.

La calidad de un producto depende de varios factores que involucran al personal, herramientas de medición y control, el compromiso que ha de asumirse para garantizar un producto que satisfaga las exigencias de los clientes, por tal motivo los proceso en los cuales se tiene el apoyo de la tecnología hay que saberlos utilizar y explotar logrando incrementar el rendimiento de la producción.

La finalidad del informe final de EPS es contribuir a mejorar el desempeño de la infraestructura que ya está en operación y estas mejoras benefician a al proceso de producción. El control ininterrumpido del proceso, contribuye a la obtención de producto de mejor calidad, reducir costos por unidad producida, mejorar la competitividad de la empresa, satisfacción del consumidor final y mayor compromiso de parte del personal para ser líderes en la elaboración de azúcar.

Además, es indispensable la mejora continua en las áreas de trabajo con la ayuda de la tecnología.

Se propuso una mejora de rendimiento en la red que monitorea el proceso de extracción de jugo en el área de molinos tándem A y B con la finalidad de disponer de forma continua su operación.

OBJETIVOS

General

Efectuar un análisis profundo de los beneficios adicionales que se obtendrán de las mejoras implementadas en una red DLR.

Específicos

1. Configurar un supervisor de respaldo en red DLR.
2. Establecer las condiciones actuales de la red de anillo DLR para lograr mejoras su rendimiento.
3. Optimizar los recursos disponibles, esto implica que cada elemento esté configurado de acuerdo con los requerimientos mínimos que cada dispositivo requiere para instalarlo en una red DLR.
4. Optimizar la estructura de la red DLR por medio de una correcta instalación de cableado.
5. Realizar análisis de los elementos instalados en la red para que estén configurados adecuadamente y obtener un óptimo rendimiento.
6. Configurar elementos específicos, tales como módulos ETAP, como supervisores de respaldo.

7. Corregir cableado, según normas de instalación, si es requerido.

INTRODUCCIÓN

En las diferentes áreas donde se lleva a cabo un proceso, tal como es la extracción de jugo de la caña de azúcar es necesario un control adecuado de cada elemento que participa en dicha labor, lográndolo por medio de instrumentos de medición, control, supervisión etcétera. El resultado es la recopilación de datos necesarios para que la operación siga en funcionamiento. Esto se obtiene debido a elementos de gran versatilidad que proporcionan los avances tecnológicos, tales como módulos de comunicación Ethernet anclados a alguna red que permite recopilar y transportar datos. Por lo tanto, se requerirá que la información y control se lleve a cabo en tiempo real, considerando que el medio proporcione un soporte adecuado para dicha labor.

Teniendo en cuenta este aspecto, las topologías de redes, los *switch* y el software permiten realizar esas tareas. Cuando un dispositivo falla, esto repercute directamente en el proceso teniendo perjuicios económicos.

Por consiguiente, se pretende que se realicen ciertas mejoras y aspectos que incrementen el rendimiento y robustez en una red DLR.

Esta infraestructura esta implementada en el área de molinos tándem A y B encargados de la extracción del jugo de azúcar de la caña de azúcar ubicados en ingenio Pantaleón, debido a que los elementos que conforman una red DLR proporcionan alternativas para ensamblar redes robustas y eficientes minimizando eventualidades en la operación.

Se partirá de una red ya instalada y a partir de esto se podrán implementar cambios puntuales para lograr mejorar dicha red.

Este proyecto incluirá el uso de programas especializados tales como RSLinx, RSLogix 5000, para configurar dispositivos que ya están instalados, debido a que se pretende aprovechar el recurso disponible ya que esta red se implementó en tiempo reciente.

De la misma forma se evalúa las condiciones de los medios de propagación los cuales deben cumplir con normas de instalación, para que no afecte el desempeño de la red, por tal motivo se analiza la estructura del cableado y se detallan técnicas para mejorar dicha infraestructura donde se requiera.

1. GENERALIDADES DEL INGENIO AZUCARERO PANTALEÓN S.A.

1.1. Historia de la industria azucarera en Guatemala

El cultivo de azúcar en Guatemala, comenzó en tiempo de la conquista, siendo los religiosos franciscanos los que sembraban y cosechaban este producto. En ese tiempo no existían ingenios pero se utilizaban los trapiches. El primer trapiche que fue utilizado en Latinoamérica operó en la República Dominicana y de allí en 1530 los conquistadores españoles la trajeron a Guatemala. Las primeras industrias azucareras se iniciaron en 1590 en Baja Verapaz. El primer ingenio que apareció en Guatemala fue El Salto, localizado en el departamento de Escuintla.

En la actualidad la mayoría de los ingenios azucareros se encuentran localizados en la Costa Sur; doce en Escuintla, dos en Suchitepéquez, uno en Retalhuleu y uno en Santa Rosa. Durante la década de 1980, los ingenios entraron en un período de crecimiento acelerado, por la necesidad de obtener una economía de escala adecuada, que le permitiera hacer frente a los niveles de precios de las exportaciones. Sin lugar a dudas, uno de los sectores más pujantes y con enorme potencial de desarrollo dentro de la economía guatemalteca es la agroindustria azucarera, importante generador de empleo y divisas para el país.

Por tener una agroindustria competitiva Guatemala se encuentra entre los principales productores y exportadores de azúcar a nivel mundial y es el tercer país exportador de Iberoamérica y el Caribe después de Cuba y Brasil. Este

sector es uno de los mayormente beneficiados para dicho país centroamericano en materia de negociaciones comerciales a nivel internacional, aspectos que denotan la importancia del edulcorante para la economía guatemalteca. El azúcar es el principal producto de exportación del país. Guatemala es el quinto exportador de azúcar cruda a nivel mundial, además participa con más del 50 % de la producción de Centroamérica. Produce 72 % para exportación y 27 % para el mercado interno (2002-2003).

El aporte positivo de la industria de la caña en Guatemala, es que ofrece una fuente de empleo abundante temporal a masas de campesinos que carecen de medios de sustento regular. La industria corta la caña casi exclusivamente con peones, lo que la hace intensiva en mano de obra no calificada que alivia el desempleo rural. Durante la época de zafra, la agroindustria azucarera involucra en forma directa o indirecta alrededor de doscientas mil personas. Genera así mismo, más de 12 000 empleos directos en época de zafra de los cuales 5 000 son cortadores de caña.

1.2. Descripción del ingenio

Se identifica la trayectoria de ingenio Pantaleón desde sus inicios y cómo ha evolucionado a través del tiempo con adquisiciones importantes que ha tenido el grupo Pantaleón creciendo en el mercado nacional, hasta convertirse líder en ventas como también su incorporación al mercado internacional.

Pantaleón es una organización agroindustrial dedicada al procesamiento de caña de azúcar para la producción de azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica. Actualmente, como grupo es el principal productor en la región centroamericana y se encuentra posicionado entre los diez más importantes de Latinoamérica.

El 20 de agosto de 1849, don Manuel María Herrera adquirió la finca Pantaleón. A base de grandes esfuerzos y una gran visión, Pantaleón se diversificó, transformándose de una hacienda ganadera, a una finca de caña y productora de panela y finalmente convirtiéndose en un ingenio azucarero.

En 1883 muere don Manuel María Herrera y sus herederos fundan Herrera y Compañía. Don Carlos Herrera Luna toma a cargo la empresa y con la venta de algunas propiedades invierte en expandir la capacidad del ingenio que se convierte en el mayor productor de azúcar de Guatemala.

Durante las siguientes décadas, el negocio se fue expandiendo bajo la conducción de liderazgo de distintos miembros de la familia, hasta que en 1973, cambia el nombre de la empresa de Herrera y Compañía a Pantaleón, Sociedad Anónima.

Como productor de azúcar el Ingenio Pantaleón retomó el liderazgo de la industria azucarera de Guatemala en 1976, convirtiéndose en el ingenio de mayor volumen de producción del área centroamericana.

En 1984 asumió la administración y el control de las operaciones del Ingenio Concepción, que ocupa un importante lugar en cuanto al volumen de producción de Guatemala.

En junio de 1998, continuando con la estrategia de crecimiento y diversificación geográfica, el grupo adquirió el Ingenio Monte Rosa, localizado en la zona occidental de la república de Nicaragua. A finales de 2000, se integran las tres empresas y deciden participar como subsidiarias de la organización conocida como Pantaleón (ver figura 1).

Figura 1. **Ingenio Pantaleón a finales del siglo XX**



Fuente: < http://www.aicsacorp.com/wp-content/uploads/2016/03/pantaleon_small.jpg>

[Consulta: febrero 2018].

En 2006 se asume otro gran reto en la estrategia de crecimiento al incursionar en Brasil, en una alianza estratégica con el grupo brasileño Unialco y el grupo Manuelita de Colombia, para la construcción y operación del ingenio sucro-alcoholero Vale do Paraná, localizado en Suzanápolis al oeste del estado de São Paulo, Brasil.

En agosto de 2008, Pantaleón obtiene la administración del Ingenio La Grecia, ubicado en Choluteca, Honduras. Esta nueva alianza contribuirá a afianzar el liderazgo en la industria azucarera en América Latina, cumplir con la visión a largo plazo de la organización y permitir combinar fortalezas y cooperar con el desarrollo sustentable de la industria en Honduras.

En los últimos 36 años, Pantaleón ha mantenido un desarrollo acelerado, construyendo modernas plantas y realizando inversiones productivas en el agro

y la industria, con tecnología de punta y procesos innovadores que le han permitido ser reconocido como uno de los principales productores eficientes de bajo costo en el mundo (ver figura 2).

Figura 2. **Ingenio azucarero Pantaleón S.A.**



Fuente: <<https://www.pantaleon.com/#guate>> [Consulta: febrero 2018].

En 2011, con la visión de convertirse en una de las diez organizaciones más importantes del mundo en la industria azucarera, se incrementa la participación en la sociedad de Vale do Paraná, se aumenta la capacidad de la destilería de Bio Etanol en Guatemala y se adquiere Panuco en Veracruz, México.

En 2012 como grupo se alcanza una producción de un 1 millón de toneladas de azúcar.

En la actualidad después de 165 años de operación, Pantaleón continúa como un negocio familiar y se ha convertido en uno de los conglomerados más respetados de América Latina.

1.3. Estructura organizacional del ingenio

La Junta Directiva es el órgano superior de Pantaleón y es el ente de decisión final de la organización. Es elegida por los accionistas y tiene como principales funciones estructurar el gobierno corporativo, definir metas, lineamientos y políticas. La Junta Directiva delega ciertas funciones en cuatro comités corporativos. La estructura y composición de estos es definida bajo políticas confidenciales de la organización.

Comité de gobernanza: establece el funcionamiento de la junta directiva y los comités corporativos. Define la estructura e integración de estos órganos corporativos.

Comité de compensación y desarrollo: garantiza la gestión humana de las operaciones de la organización y establece modelos de compensación equitativos y competitivos.

Comité de administración de riesgos y auditoría: independientemente reporta de forma directa a la junta directiva. Sus funciones incluyen velar por el cumplimiento del código de ética, control interno, administración de riesgos y auditoría externa e interna.

Comité de desarrollo responsable: lidera una estrategia de responsabilidad corporativa que esté ligada a los planes de negocio de largo plazo. Asegura el manejo de impactos sociales, laborales y medioambientales a lo largo de toda la cadena de valor.

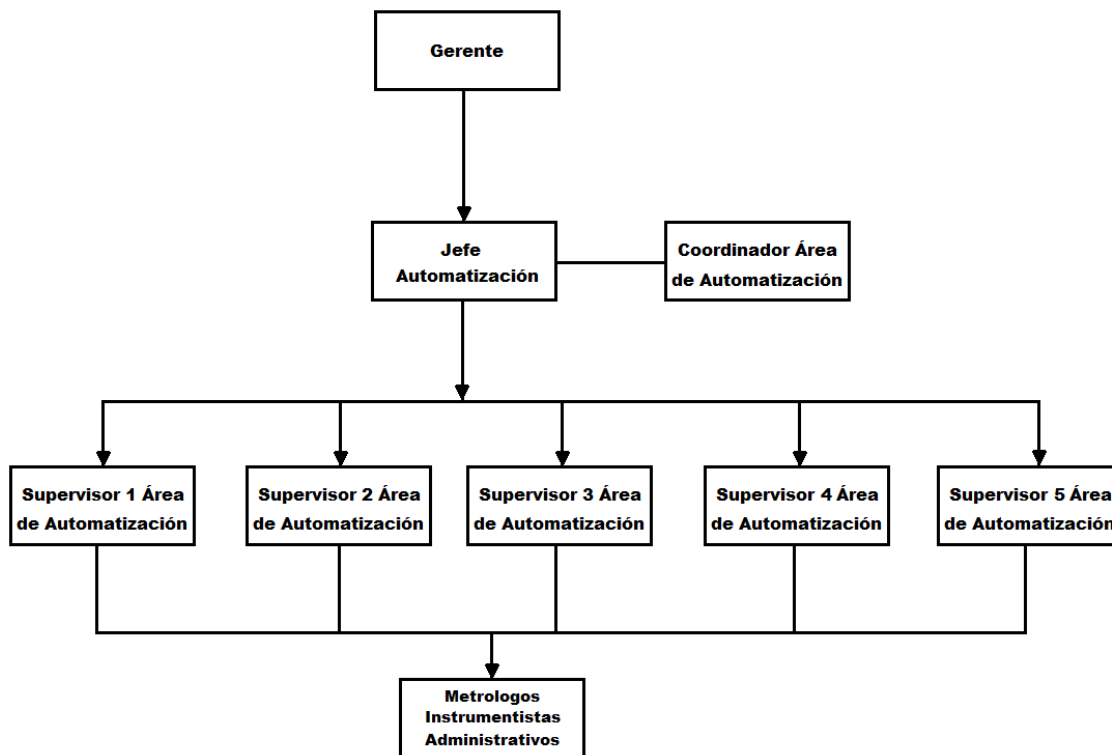
Figura 3. **Gobierno corporativo Pantaleón S.A.**



Fuente: < <https://www.pantaleon.com/downloads/Reporte-de-Desarrollo-Responsable-2016.pdf> >
[Consulta: febrero 2018].

En la parte operativa, la estructura correspondiente al área en la cual se efectuó este EPS consta de una organización, según el organigrama del área de automatización que se representa en la figura 4.

Figura 4. **Organigrama área de automatización Pantaleón S.A.**



Fuente: Pantaleón S.A.

1.4. Periodo de operación del ingenio

El Ingenio Pantaleón de acuerdo con el clima local, se puede clasificar en dos estaciones bien definidas: verano e invierno.

Tabla I. **Clima de la región**

Estaciones	Meses del Año
Verano	Noviembre – abril – ZAFRA
Invierno	Mayo – octubre – REPARACION

Fuente: elaboración propia.

La caña de azúcar no se puede almacenar por largo tiempo para su procesamiento sin incurrir en una excesiva inversión y deterioro; así, la zafra y el procesamiento son simultáneos. El personal está distribuido en las labores de operación, obras nuevas y mantenimiento. El periodo de labores de operación está distribuido en turnos matutino, vespertino, nocturno y en mantenimiento de día.

El período de mantenimiento inicia con el fin de zafra y constituye la preparación para la zafra siguiente, efectuando todos los trabajos de mantenimiento tanto preventivo, como montajes importantes y obras nuevas que se requieren para el siguiente período de operación.

La mayor parte de estas operaciones incluyen diseño y montaje, y se pueden realizar con el personal y los recursos del ingenio o por medio de compañías contratadas dedicadas al ramo, comúnmente llamados contratistas. Existen varios factores que pueden determinar la duración de la zafra y con ello el comienzo del período de mantenimiento (ínter zafra), dentro de ellos se puede mencionar los siguientes:

- La entrada temprana del invierno es un factor que puede llevar al Ingenio a acortar la temporada de zafra, porque con exceso de lluvia en las plantaciones de caña se hace imposible que los camiones y/o tractores puedan salir de los mismos con la caña, por lo que, el ingenio detendría la zafra por falta de caña.
- La capacidad del ingenio es un factor importante en una zafra, ya que el estimado de caña en el campo, se hace en función del potencial de molienda y producción del ingenio. Si el ingenio tiene alta razón de molienda (toneladas de caña molida/hora) y altas capacidades de producción, se hace un estimado de la cantidad de caña necesaria para moler en la época de verano. Pero, si por alguna circunstancia el ingenio aumenta su razón de molienda, la zafra puede terminar antes del tiempo que se estima de acuerdo a la cantidad de caña con que se cuenta, de igual manera si la razón de molienda disminuye por cualquier circunstancia la zafra puede alargarse.

1.5. Descripción de la actividad productiva

La función principal de un ingenio azucarero es producir azúcar; y para ello se cuenta con diferentes áreas que se enumeran a continuación en orden del proceso:

- Patio de caña
- Molinos
- Fábrica
- Calderas (cogeneración)
- Taller industrial

El objetivo, producir la mayor cantidad de azúcar, con la mejor eficiencia posible y al menor costo, operando de manera segura en un ambiente de trabajo en equipo con buen clima laboral.

1.5.1. Producción de azúcar y mieles

El proceso de fábrica consiste en obtener azúcar a partir de la caña producida en el campo.

La composición de la caña en su forma más sencilla es agua, fibra, azúcar e impurezas. La extracción del jugo moliendo la caña de azúcar se logra por medio de pesados rodillos llamados mazas, constituyen la primera etapa del proceso de azúcar. Primero, la caña se prepara para ser molida mediante cuchillas giratorias que cortan los tallos en pedazos pequeños, mediante molinos de martillo que desmenuzan la caña, pero no extraen el jugo. Al pasar por los molinos, que constan de unidades múltiples que utilizan combinaciones de tres o cuatro rodillos, a través de los cuales pasa sucesivamente la caña para exprimirla y ayudar a la extracción del jugo, se aplican aspersiones de agua o guarapo diluido sobre la capa de bagazo según va saliendo de cada unidad de molienda, esto contribuye a extraer por lixiviación el azúcar.

Un tándem de molinos consiste en 6 molinos montados en serie con función similar entre ellos. Cada molino consiste en 4 rodillos llamados: maza superior, maza cañera, maza bagacera y cuarta maza. Estas giran de manera que halan la caña que ingresa en la parte superior y pasa por tres puntos de extracción y debido a la presión entre ellos y que giran con velocidades diferentes producen desgarramiento de la fibra y la extracción del jugo.

La maza bagacera envía el bagazo hacia el conductor que lleva el bagazo hacia el siguiente molino. La separación entre los rodillos, llamado *setting* varía en el molino uno hasta el molino 6. Antes de ingresar al último molino, se agrega agua de imbibición al bagazo con el fin de extraer la mayor cantidad de azúcar en el último molino.

El jugo que se obtiene del molino 6, es bombeado al bagazo que ingresa al molino 5, y el jugo de este, se bombea al 4 y sucesivamente así hasta el molino 1. Este proceso es conocido como maceración y el objetivo es que el bagazo se agote o pierda azúcar en la medida que avanza del molino 1 al 6, y el jugo aumente la pureza del molino 6 al 1.

En Pantaleón, la extracción de sacarosa es alta, se obtiene el 96,75 por ciento del azúcar de la misma. Los dos tandems de molinos son movidos por motores eléctricos DC y motores hidráulicos en mazas cañeras (ver figura 5).

El bagazo del último molino se compone de la fibra proveniente en la caña, alrededor de 47,86 por ciento de humedad y entre 1,52 a 1,64 por ciento de azúcar que se pierde. La segunda pérdida más importante de azúcar de la fábrica es en este punto, por lo que existe una frecuencia de muestreo para medir esta pérdida, un programa de inspección y mantenimiento de los molinos para lograr la mayor extracción y la menor pérdida. Luego de los molinos, el bagazo de cada tandem es enviado a las calderas y el jugo hacia el proceso de tratamiento de jugo.

Figura 5. **Vista panorámica tándem A y B**



Fuente: Pantaleón S.A.

Sulfatación y clarificación: en la operación de los ingenios azucareros típicos, el jugo ya filtrado proveniente de la molienda de la caña de azúcar es sometido al proceso llamado de clarificación, antes de pasar a las etapas de evaporación y cristalización del azúcar. El proceso de clarificación usualmente se realiza en tres etapas. Al jugo que proviene del filtrado con un pH ácido entre 5.0 y 5.6 unidades, se adiciona lechada de cal en un primer tanque con el fin de aumentar el pH aproximadamente hasta valores entre 6.5 y 8.5. El paso siguiente lo sufre el jugo en la torre de sulfitación (o sulfitadora).

Allí se ponen en contacto el jugo asperjado desde el tope de la torre, con una corriente de humos que contiene SO_2 . El dióxido de azufre transforma compuestos que dan coloración oscura al jugo en compuestos incoloros, y además sirve de agente antiséptico. La sulfitación produce un jugo con pH entre 4.5 y 5.3, justo en el límite inferior del intervalo en el cual se producirían pérdidas de sacarosa, de ahí lo importante del control de este valor de pH. El jugo caliente llega finalmente al tanque clarificador donde se mezcla con un floculante aniónico, con dosificación cercana a las 5ppm. De este modo, se

logra separar por decantación los sólidos, que van al fondo, del jugo claro que sale por la parte superior.

La clarificación tiene en realidad dos propósitos:

- Proporcionar la cantidad suficiente de SO_3^{2-} libre para que en procesos posteriores la presencia de dicho ión ayude al blanqueamiento del producto y a su desinfección (función de la sulfitadora),
- Proporcionar el suficiente Ca_{2+} para que se dé la precipitación de material contaminante en el tanque de clarificación.

El proceso de clarificación se ve afectado por varias perturbaciones, entre ellas: cambio en la materia prima (tipo, maduración y calidad de la caña), preparación de la cal o sacarato, flujos de jugo cambiantes por alteraciones en la operación de molinos, entrada de corrientes de recirculación del proceso (jugo filtrado, aguas dulces).

En algunos ingenios, las variaciones del flujo de jugo en una línea de molienda pueden estar entre 100 y 220 litros/s. Esto provoca variaciones en la concentración de sulfitos entre 35 y 120 ppm en el jugo de salida de la torre de sulfitado, procedimiento conocido como alcalización.

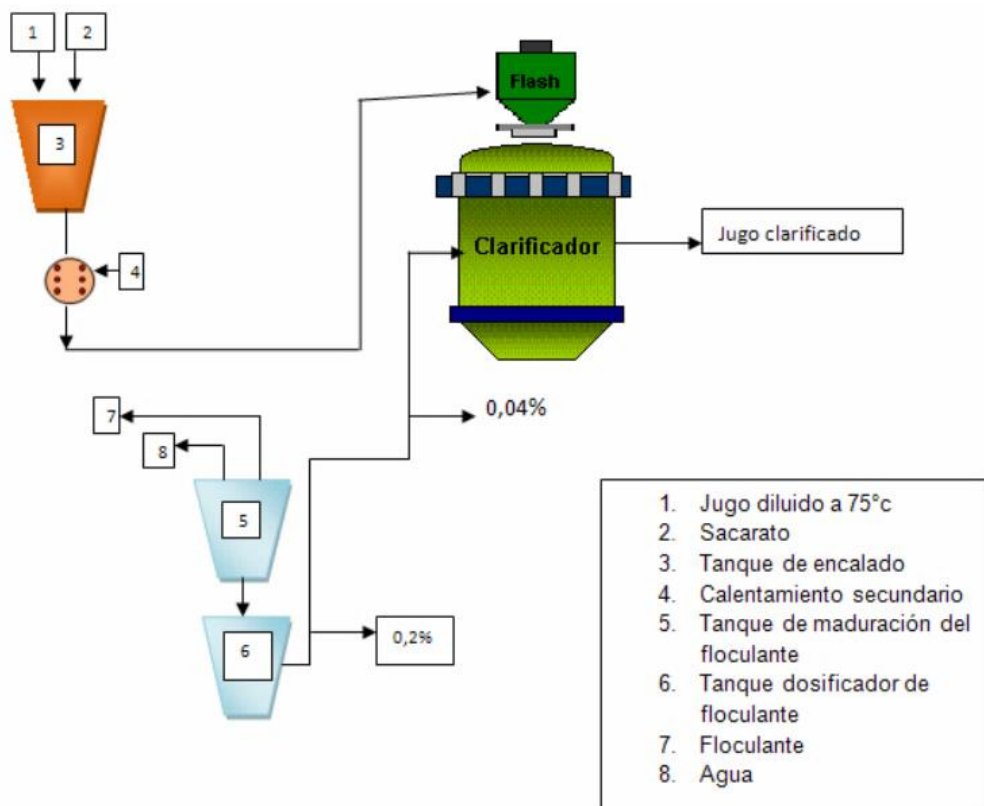
Luego que se alcalizó el jugo, las reacciones envueltas a partir de este punto, son de mucha importancia porque de ellas dependerá la buena calidad del jugo y del azúcar. El jugo se calienta en calentadores de placas en 5 etapas de calentamiento, el vapor proviene de los evaporadores.

El calcio agregado en forma de cal en conjunto con los fosfatos e impurezas provenientes con la caña, con las condiciones de temperatura y pH

permiten la floculación, que es la aglomeración de partículas finas llamadas floculo, que son partículas de lodo que sedimentan en los clarificadores de jugo (ver figura 6).

En estos equipos se separan el jugo limpio sobrenadante llamado jugo claro y los lodos con impurezas que se envían a los filtros de cachaza. El jugo claro es colado en coladores rotatorios y vibratorios para eliminar el bagacillo e impedir que afecte la calidad del azúcar.

Figura 6. Esquema general del clarificador



Fuente: <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1816/664122C268.pdf?sequence=1>> [Consulta: marzo de 2018].

El propósito del tanque flash es tomar jugo a 102 – 105 °C (normalmente 103 °C) y flashear el jugo a 100 °C para evacuar el aire y asegurar que los sólidos insolubles se establezcan en el fondo cuando el jugo es transferido al clarificador. Una remoción pobre de aire causará sólidos insolubles, fibra particulada, que flota en la superficie del jugo.

Filtración de cachaza: el lodo sedimentado en los 5 clarificadores se envía a filtros rotativos y filtros prensa de cachaza. El objetivo de este proceso es extraer el azúcar que aún tiene el lodo y filtrarlo. Para hacer esto se recurre al principio de lixiviación en el que se agrega agua como disolvente a una torta de cachaza para que absorba el azúcar presente y luego con vacío se extrae el jugo filtrado con alrededor de 6 a 11 por ciento de sólidos solubles, este se recircula nuevamente hacia la alcalización.

El lodo agotado se conoce como cachaza, que tiene alto contenido de nutrientes que se envía nuevamente a los campos de caña para que funcione como fertilizante. Alrededor de 4 a 5 por ciento de la caña ingresando al ingenio, sale en forma de cachaza. Aunque se pasó por los filtros, aún se pierde azúcar en esta etapa. Entre 1,3 y 1,6 por ciento de la cachaza es azúcar, y es la cuarta pérdida más grande en la fábrica.

Evaporación: la purificación del jugo produjo jugo claro. Este jugo es azúcar disuelta en agua junto con ciertas impurezas, cuando se ha quitado la mayor cantidad posible de estas impurezas, queda por eliminar el agua. Este es el objeto de la evaporación. La concentración se lleva al máximo tratando de dejar al líquido madre solo el espacio libre entre los cristales.

A la mezcla obtenida, cristales sólidos y licor madre viscoso, se le da el nombre de masa cocida. El cocimiento que se da en los tachos comienza

justamente antes de que los granos aparezcan en la meladura y que continua hasta la concentración máxima, su consistencia no permite hervirlo en tubos angostos, ni circularlo con facilidad de un cuerpo a otro.

Clarificación de la meladura: debido a las diferentes calidades de azúcar que se producen, alrededor del 50 % de la meladura proveniente de los evaporadores se envía a los tachos para producir azúcar crudo. El restante 50 % pasa por un proceso de clarificación en donde un agente floculante, micro-burbujas de aire, fosfatos en condición de pH y temperatura adecuados permiten la flotación de impurezas, las que son nuevamente recirculadas hacia la alcalización. Al salir de los clarificadores se obtiene meladura clarificada que se envía a los tachos que producen azúcar blanco.

Tachos y centrifugas: la cristalización del azúcar se lleva a cabo en los tachos de tercera. Un tacho es un evaporador de simple efecto que opera con una presión negativa o al vacío. Una suspensión de azúcar molida en alcohol isopropílico se añade a una solución de sacarosa con condiciones de temperatura, presión y concentración controladas dentro de un tacho para generar cristales que inician desde 7 micrómetros, en estos tachos se producen masas de tercera. La masa de 3ª consiste en granos finos y una miel circundante que al ser separada del cristal se conoce como miel final o melaza.

El principio básico es que los cristales de azúcar crecen progresivamente en la medida que pasan a los tachos de 2ª donde se produce masa de segunda y luego a los tachos de primera donde se produce masa de primera. Entre cada etapa de los tachos, se lleva a cabo una centrifugación de las masas, que separan los cristales de la miel circundante, dependiendo del tipo de masa que se procese, las centrífugas producen magma y miel final, miel de segunda y miel de primera.

De manera similar que en los molinos con la maceración, el objetivo en los tachos es que el azúcar se cristalice en los tachos de tercera y aumente de tamaño y pureza en la medida que pasa hacia los tachos de primera, y la meladura proveniente de evaporadores se empobrezca o pierda azúcar en la medida que pasa de los tachos de primera hacia los tachos de tercera y en cada recirculación cambia de nombre a miel de primera, miel de segunda y miel final o melaza. En Pantaleón se tienen dos tipos de tachos, conocidos como tachos *batch* y tachos continuos, cuya diferencia radica en una operación discontinua por lotes llamados *batch* y una producción continúa de masa.

En los tachos *batch* se produce el azúcar crudo utilizando como materia prima la meladura de evaporadores, el azúcar blanco es producido en los tachos continuos utilizando como materia prima la meladura clarificada proveniente de los clarificadores de meladura. La pérdida más grande de azúcar en el proceso se lleva a cabo en las centrífugas de tercera, en la miel final o melaza ya que se pierde entre 10 y 12 kilogramos por tonelada de caña. Debido a esto, se tiene una frecuencia de ensayo para verificar constantemente que esta pérdida se mantenga en el rango aceptable.

Secado: el tamaño del grano de azúcar no es, sin embargo, la única causa de compactación y aterronamiento atribuible al proceso en sí mismo. La humedad de los cristales es obviamente también afectada por procesos de secado incompletos, o excesivamente rápidos, caracterizados los primeros por excesiva cantidad de agua en los cristales, y los segundos por encapsulamiento de una humedad que posteriormente migrará a la superficie. Sea cual sea el escenario, el entendimiento de la forma en que el azúcar interacciona con la humedad del aire resulta esencial para la prevención de los fenómenos anteriormente citados.

El azúcar proveniente de las centrifugas de primera es enviada mediante conductores de banda, hacia el secado. Una secadora es un equipo rotatorio con una inclinación de manera que entre en contacto el azúcar y un medio secuestrante de la humedad, en nuestro caso, es aire caliente. El azúcar ingresa con una humedad de alrededor de 0,5 a 0,6 por ciento y se obtiene al salir de la secadora está entre 0,02 y 0,01 por ciento dependiendo el tipo de azúcar. La importancia de tener azúcar con baja humedad y temperatura al momento del empaque es que se evita el aterronamiento.

Envasado: dependiendo del tipo de azúcar, se tienen diferentes tipos de empaque: sacos de 50 kilogramos polipropileno, jumbos de 1 000 kilogramos, sacos de 25 kilogramos o entrega a granel. Las diferencias básicas entre los tipos de azúcar, es el color, medido en unidades icumsa, el azúcar refino tiene alrededor de 35 unidades icumsa, el azúcar blanco 250 y el azúcar crudo 750 unidades. El empaque se lleva a cabo en el envasado (ver figura 8), área considerada como alto riesgo de inocuidad por los cuidados que se deben tener para evitar contaminación del producto.

Figura 7. Llenado de jumbo en tolva de descarga



Fuente: Pantaleón S.A.

Pantaleón cuenta con certificación HACCP que cuenta con una serie de requerimientos operativos y procedimientos que permiten producir azúcar inocua. Para todas las líneas se tiene equipos que permite la detección de partículas extrañas mayores a 3 milímetros. Los controles a lo largo del proceso permiten que al azúcar que llega al cliente sea de calidad cumpliendo requerimientos de inocuidad.

Refinería: para producir azúcar refino se inicia el proceso con azúcar blanco húmedo. Antes de llegar a la secadora, se desvía una parte para enviar a la disolución. La solución de azúcar es tratada con filtros de carbón activado y tierra de diatomea con el objetivo de eliminar agentes colorantes que aún lleva el azúcar. Luego que la solución ha sido filtrada, el licor se cristaliza en los tachos *batch* de la refinería.

En cada tacho se hace crecer el cristal. Dado que se inició de azúcar blanco y que la solución fue filtrada, se logra obtener después de la centrifugación, color de 45 unidades icumsa. Se tiene capacidad de producción de hasta 18 000 sacos de 50 kilogramos diarios.

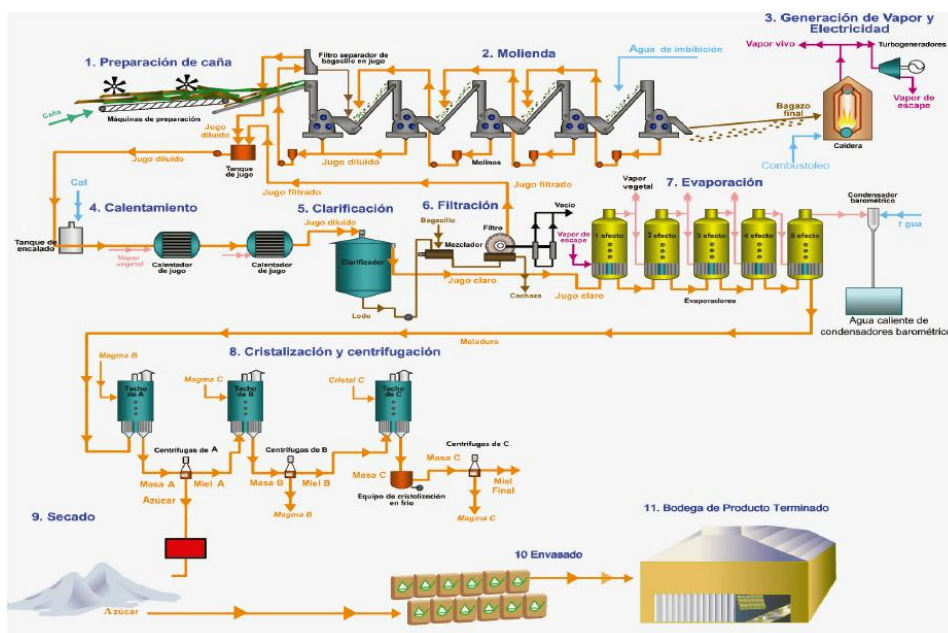
Destilería: la melaza que se obtiene como subproducto, se envía a la destilería en tuberías que alimentan un tanque de melaza. De los tubos de escape se envía también vapor.

Proceso de apoyo: el proceso es continuo, requiriendo de personal de apoyo en la fábrica, pendientes de mantenimientos preventivos, predictivos o correctivos. Se cuenta con electricistas, instrumentistas, soldadores y mecánicos. Debido a las dimensiones de la operación, no sería posible controlarlo sin el apoyo de un sistema de control distribuido con controladores, redes de comunicación, servidores y pantallas de interface instaladas en los

cuartos de control, que los operadores puedan accionar equipos de manera remota, así como tener los lazos de control para mantener las variables como presiones, temperaturas, flujos, potencias y niveles reguladas por un sistema automático haciendo la operación eficiente.

Se cuenta con monitores de seguridad en la planta realizando inspecciones y reportando las oportunidades de mejora para evitar accidentes y mantener un ambiente seguro. Asimismo, distribuidos en todos los procesos existe personal con un entrenamiento adecuado para formar la brigada industrial, que actúan de manera rápida ante cualquier emergencia.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: < <https://3.bp.blogspot.com/>-

D1SwyQc6_KI/VvRLihVAF4I/AAAAAAAAAHQ/Rg675xcjClwbX38Cm28ONcaILC8xLDGTQ/s160
0/Proceso.jpg> [Consulta: marzo de 2018].

Diagrama de flujo del proceso: en el siguiente diagrama (ver figura 8), se presenta gráficamente el recorrido o flujo del proceso de la elaboración del azúcar de caña, donde se ilustra perfectamente los diferentes pasos que se llevan a cabo para la obtención del azúcar de caña.

1.5.2. Cogeneración de energía eléctrica

La generación de energía eléctrica en Pantaleón se lleva a cabo en turbo generadores movidos por el vapor producido en las calderas. Se cuenta con turbo generadores con los que se producen 2 504MWh al día. El vapor ingresa a la turbina y se tiene dos tipos de turbinas dependiendo de la fase en la que sale el agua, se tienen turbos *condensing* y tubos de escape, estos últimos proveen de vapor que alimentan a los evaporadores.

La energía eléctrica generada es distribuida en consumo interno y venta. La potencia consumida es alrededor de 1 031MWh diaria y la potencia promedio de venta es alrededor de 61MW. En época de no zafra, se tiene disponibilidad de producción de vapor a partir de búnker y por medio de carbón.

Uno de los aspectos importantes que ha tomado relevancia en estos últimos años, es la producción de energía eléctrica en los ingenios azucareros, para dicho proceso, se utiliza el bagazo de la caña que sale del último molino, como combustible.

Generador de vapor: se cuenta con un sistema de conductores que envía el bagazo de cada tándem y lo distribuye a la alimentación de cada caldera de acuerdo con su capacidad y necesidad. En el cuarto de control de calderas, los operadores controlan por medio de cámaras y pantallas del sistema control, la operación de los conductores y de las calderas de manera remota. Cada libra

de bagazo seco contiene 8 300 BTU de energía, pero debido a la humedad presente, una libra de bagazo aporta alrededor de 4 000 BTU, con una humedad de bagazo del 47.86 por ciento, la que es aprovechada en las cámaras de combustión de las calderas.

Una caldera acuotubular consiste en dos contenedores de agua/vapor llamados domo superior y domo inferior conectados por tuberías en el que fluye agua que es el fluido de trabajo, estos tubos rodean la cámara de combustión, también llamada hogar de la caldera.

En el hogar, el bagazo es esparcido en toda la cámara por el aire impulsado por un ventilador y con el oxígeno suficiente para la combustión, es quemado. La energía liberada es transferida hacia la tubería llena de agua y es convertida en vapor de agua a alta presión. En Pantaleón, hay 7 calderas, con presiones de operación que varían desde 600 hasta 950 libras por pulgada cuadrada. La caldera 7 entró en operación en la zafra 2010-2011 y el vapor generado por la misma, mueve un turbogenerador con capacidad de 40 megavatios (ver figura 9).

Figura 9. **Caldera acuotubular para bagazo de caña, área de calderas**



Fuente: Pantaleón S.A.

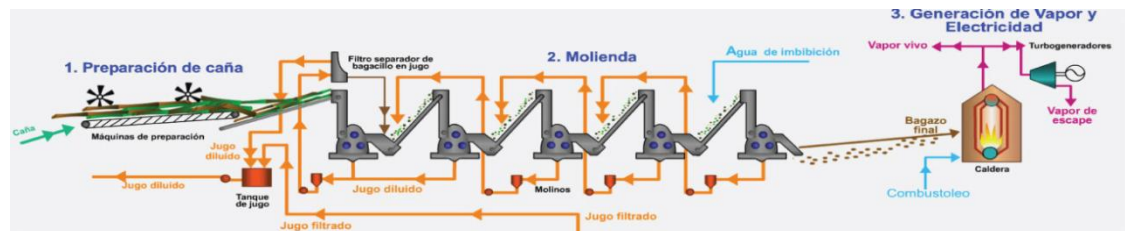
1.6. Descripción de las áreas del proceso

El proceso del azúcar comienza en el campo, por lo que la labor de un ingenio azucarero se basa en extraer la mayor cantidad de azúcar de la caña, utilizando para ello el equipo mecánico necesario, contando con las áreas de patio de caña y molinos que a continuación se describe la actividad de cada una de estas áreas.

Dentro de lo que se clasifica como áreas del proceso principal para el funcionamiento de la fábrica, especialmente en el área de extracción de jugo en Pantaleón S.A., (ver figura 10), se tiene el patio de caña donde se encuentran las grúas de volteo posteriormente dan paso a las mesas donde se recibe la

caña a granel o caña mecanizada. También se cuenta con grúas de volteo, troceadoras y picadoras de caña, conductores de caña, así como el tándem de molinos, en donde cuenta con motores, reductores y bombas.

Figura 10. Área de extracción de jugo



Fuente:

<http://www.elsevier.es/ficheros/publicaciones/14057743/0000001500000004/v1_201412280017/S1405774314706535/v1_201412280017/es/main.assets/gr2.jpeg> [Consulta: marzo de 2018].

1.6.1. Áreas de maquinaria y/o equipos

Grúas de volteo: este equipo está diseñado para realizar la descarga de la caña de azúcar que ingresa al ingenio, en tiempo de zafra. La función principal es alimentar de forma constante el ingreso de caña al ingenio, esto permitirá que la operación del ingenio sea estable y puedan cumplirse los parámetros operativos.

La descarga de la caña se efectúa a través de ciertos dispositivos mecánicos como grúas de volteo, (ver figura 11) los cuales hacen de una manera más fácil y eficiente su manejo. En la actualidad, en el ingenio Pantaleón se utiliza la grúa de volteo de 50 toneladas de capacidad.

Figura 11. **Grúas de volteo patio de caña Pantaleón S.A.**



Fuente: Pantaleón S.A.

Esta grúa cuenta con un sistema hidráulico que permite el movimiento de dos tipos de cilindros, el primero de ellos conectados a un elemento que se desplaza en una corredera, amarrados con cables de 1 pulgada de diámetro que, conjuntamente con un juego de poleas tienen la acción de levantar y bajar el balancín el cual previamente es enganchado a las jaulas de los camiones por un ayudante de operación. Segundo, el tipo de cilindros hidráulicos están conectados a cables de 3/4 que permiten el movimiento del balancín hacia adelante o hacia atrás, según sean las necesidades de la operación.

- Grúa de volteo para mesas, con capacidad de carga de 50 toneladas, ubicadas una en cada tándem, descargan directamente en las mesas receptoras de caña.

Troceadoras de caña: el principal funcionamiento de estas cuchillas es el de segmentar las barras de cañas en trozos de aproximadamente 10 y 20 centímetros, para hacer mejor el desfibrado de la caña que se hace en las picadoras y así mejorar la extracción del jugo y aumentar la eficiencia en el trabajo de los molinos. Estas troceadoras cuentan con una serie de cuchillas giratorias intercambiables las cuales van dispuestas en forma angular sobre sus bases para poder cortar la caña progresivamente.

Conductores de caña: Pantaleón cuenta con 2 conductores de caña con duelas denominados conductor auxiliar, conductor uno y una banda de hule denominada conductor 2 para el tándem A, mientras que para el tándem B se cuenta con tres conductores de caña con duelas denominados, conductor auxiliar, conductor uno y conductor dos.

En cada conductor auxiliar hay una báscula con 6 celdas que permite el pesaje de la caña y mediante un lazo de control automático le indica a las mesas receptoras de caña si necesita más caña o si debe detenerse para desalojar el flujo de caña presente en el conductor auxiliar, todos los conductores de caña cuentan con nivelador para mantener uniforme el colchón de caña desfibrada, un conductor no arranca si no ha arrancado el nivelador.

Picadora de caña: el trabajo de las picadoras es convertir las cañas enteras en material formado por pedazos cortos y pequeños. En tanto que las cañas enteras chocan unas contra otras y al arquearse dejan espacios vacíos

entre ellas, los pequeños trozos formados por las picadoras forman una masa compacta.

Las picadoras de caña ejecutan dos funciones y tienen dos ventajas:

- Favorecen la capacidad de los molinos transformando la caña en una masa compacta y homogénea.
- Mejoran la extracción de los molinos rompiendo la corteza de la caña y facilitando así su desintegración y la extracción del jugo.

1.6.2. Patio de caña

Es el lugar donde se recibe la caña que viene en camiones, a granel o mecanizada. Se descargan en la mesa, se prepara, convirtiendo las cañas enteras en pedazos cortos y con mayor densidad, caña a granel, para luego ser conducido a los molinos; le componen, dos mesas de caña, una prepicadora, desfibradora y dos conductores de caña; identificados como conductor 1 y 2.

Mesas alimentadoras de caña: consiste, esencialmente en un conductor muy ancho, movido por un motor independiente. Su planta es rectangular. La plataforma superior está a un nivel ligeramente superior al de las guardas laterales del conductor auxiliar. La grúa deposita la caña en esta plataforma y la mantiene alimentada a medida que se va descargando.

Las mesas 1 y 2 son las que reciben la caña de los camiones y la depositan en los conductores, las mesas 1 y 2 tienen niveladores, los conductores no tienen niveladores y operan con el sistema en base a la báscula del conductor auxiliar. También se cuenta con una rastra sacabasura localizada

debajo de las mesas 1 y 2 de cada tándem, esta se encarga de recibir la caña que se cae de las mesas para luego utilizarla.

Figura 12. **Patio de caña Pantaleón S.A.**



Fuente: Pantaleón S.A.

1.6.3. Molinos

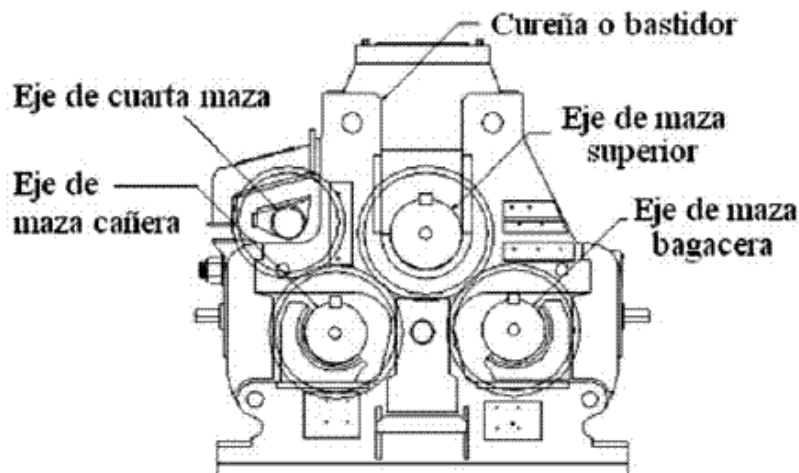
El diseño de los molinos de caña ha permanecido relativamente estable por casi dos siglos, manteniendo el principio de aplicar grandes presiones a bajas frecuencias de rotación sobre un colchón de caña con el objetivo de separar el jugo y la fibra que componen la caña.

Está compuesto por una serie de rodillos ubicados convenientemente con un rayado para permitir el paso de la caña de azúcar, logrando una extracción eficiente de la sacarosa de las células internas y externas de la misma.

Los molinos están constituidos, básicamente, por cuatro rodillos que son conocidos como mazas, estas reciben los nombres de: maza superior, maza cañera, maza bagacera y cuarta maza (MS, MC, MB y CM). Dos elementos sirven de soporte a los ejes de las mazas (son conocidos como cureñas) y una tolva vertical es usada para alimentar la caña al molino (conocida como chute).

Las mazas superior, cañera y bagacera están dispuestas en los vértices de un triángulo imaginario con la maza cañera del lado de la entrada de caña, la masa bagacera del lado de la salida de la caña y la maza superior arriba de las anteriores (ver figura 13). La extracción de jugo se realiza durante el tránsito de la caña entre las parejas formadas por la maza superior-masa cañera y maza superior-masa bagacera. La cuarta maza se utiliza para ayudar a alimentar la caña a la pareja maza superior-maza cañera (por esto también se conoce como maza alimentadora).

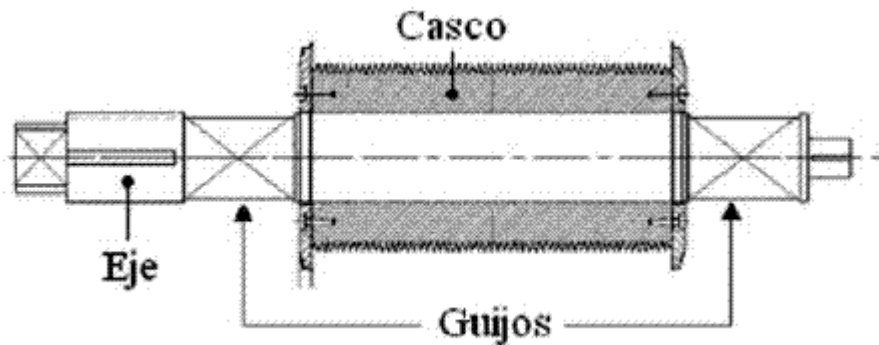
Figura 13. **Molino de caña de azúcar**



Fuente: < http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302006000200003 > [Consulta: marzo 2018].

Las mazas son cilindros huecos de pared gruesa de acero o de fundición gris, los cuales están encabados en ejes de acero y son apoyados en chumaceras de bronce ubicadas en las cureñas (ver figura 14).

Figura 14. **Eje y casco de molino de caña**



Fuente: < http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302006000200003> [Consulta: marzo 2018].

El paso de la caña por la abertura entre las parejas MS-MC y MS-MB hace que estas tiendan a separarse. Los ejes de las MC y MB están apoyados de modo que no puedan desplazarse; pero al eje de la MS le es permitido desplazarse verticalmente (por medio de un diseño especial de chumacera). Para garantizar la extracción de jugo se aplica fuerza al eje de la maza superior, a través de dos cilindros hidráulicos dispuestos sobre las dos chumaceras del eje.

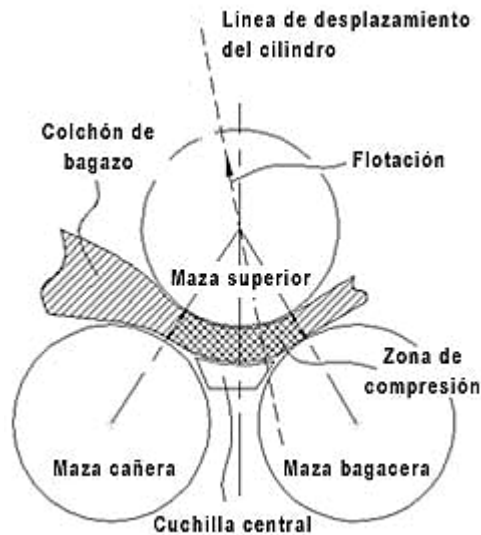
Esta fuerza es del orden de 2 863 MN por cada metro de longitud de la maza y contrarresta el empuje realizado por el colchón de caña que pasa por el molino. La entrada de potencia al molino se realiza a través del eje de la MS y es distribuida a los otros ejes de maza por medio de coronas. La potencia instalada en un molino es del orden de los 746 KW (1.000 hp), de la cual 45 %

se consume en el eje de la MS y el 55 % restante se transmite a los otros ejes. Su velocidad de rotación varía entre 4 y 6 rpm.

Las mazas están arregladas en forma triangular maza cañera, maza bagacera y maza superior (ver figura 15), con la maza superior colocada inmediatamente encima de las otras dos y que sometidas a una presión hidráulica suficiente que harán el trabajo de compresión sobre la caña. Una maza consiste en un eje de acero con muñones para girar sobre chumaceras planas, uno en cada extremo, en la parte central del eje va colocada una camisa de hierro fundido de un diámetro mayor, mientras que en el extremo se coloca la corona que le transmite giro a la maza.

La chumacera es fabricada en bronce, con un canal en forma de U para efectuar una eficiente lubricación a través de grasa o aceite y un laberinto dentro de ella para la circulación de agua y llevar a cabo su enfriamiento. La camisa de hierro fundido es rayada en torno, en todo el perímetro a todo lo largo de su longitud, para dar lugar a que la maza tenga mayor tracción con la caña y más área de compresión entre una maza y otra.

Figura 15. **Arreglo de mazas en forma triangular**

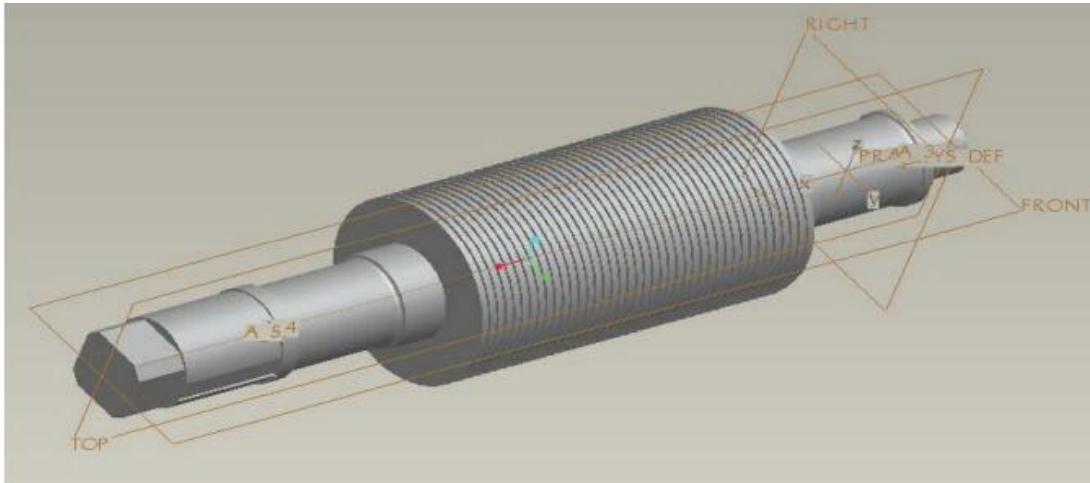


Fuente: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442012000100005>
[Consulta: en marzo de 2018].

Al centro del molino y bajo la maza superior existe una unidad de hierro fundido que sirve de soporte al paso de la caña, ya que la extracción se realiza entre las mazas superior cañera, superior bagacera, además la función de esta cuchilla central es limpiar la maza cañera ya que cuenta para ello con el rayado apropiado. Otras unidades de limpieza de las mazas superior, bagacera y 4ª maza reciben el nombre de peine superior o peine bagacero, dependiendo de la maza que limpien.

Tanto los peines como la cuchilla central llevan dientes que encajan con el rayado de las mazas (ver figura 16), la cuarta maza tiene a su cargo la función de introducir la caña desmenuzada entre las mazas superior-maza cañera ya que la velocidad periférica es mayor a la de las otras tres mazas.

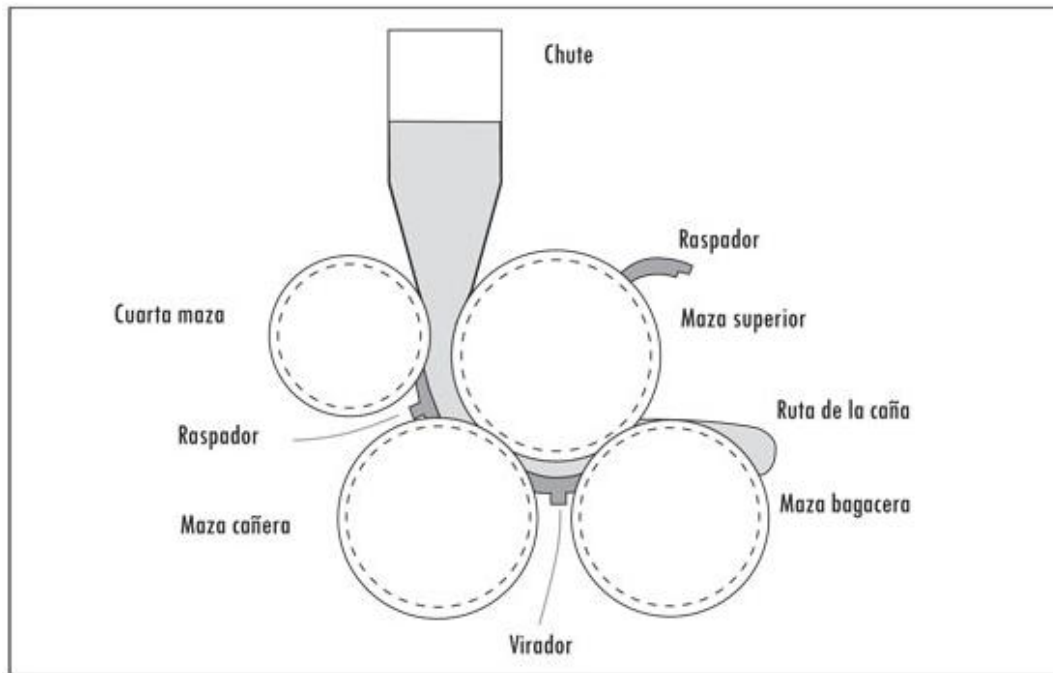
Figura 16. Maza de alimentación y descarga en 3D



Fuente:< <https://www.ijtet.org/wp-content/uploads/2015/07/24.pdf>> [Consulta: marzo de 2018].

La distancia entre las mazas superior y cañera, superior y bagacera, superior y 4ª maza, superior y cuchilla central, tienen una holgura dada en base a cálculos elaborados tomando en cuenta la razón de molida de acuerdo con el porcentaje de fibra en caña, la capacidad instalada, la velocidad periférica, la ubicación del molino, a esta distancia se le conoce como *setting*, esta medida es decreciente y sigue el flujo de la caña, el cual es mayor en los primeros molinos y menor en los últimos y en un mismo molino la abertura entre superior cañera es mayor que la abertura entre superior bagacera a razón de 2 a 1 (ver figura 17).

Figura 17. **Representación de un molino de caña**



Fuente: < <http://www.scielo.org.co/img/revistas/inun/v15n2/v15n2a05f1.jpg> > [Consulta: marzo de 2018].

La potencia para mover los molinos es obtenida por medio de un motor eléctrico DC, la reducción de velocidad se logra a través de reductores de engranes, que hacen una primera reducción a través de reductor de alta velocidad, luego una segunda reducción a través del reductor de baja. La maza accionada es la maza superior, esta maza superior transmite la potencia y movimiento a la maza cañera y 4ta maza por medio de un conjunto de coronas, sin embargo la maza bagacera es accionada por un motor hidráulico ya que la velocidad de esta es menor a las otras tres masas.

Motores: en el ingenio Pantaleón se trabaja con motores de varios tipos, en el proceso de extracción de jugo se puede encontrar varios tipos de motores

ya sean eléctricos, hidráulicos o los denominados motores DC también llamados de corriente continua. Los motores DC son los utilizados para mover la maza superior de cada molino, el motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica continua en mecánica, provocando un movimiento rotatorio.

Motores DC: esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Los motores de corriente continua son concebidos con las más modernas tecnologías, resultando en máquinas compactas y con excelentes propiedades dinámicas, atendiendo las más diversas aplicaciones en las áreas de automatización y control de procesos.

Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso. Una máquina de corriente continua se compone principalmente de dos partes, rotor y estator. Un estator es el que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.

El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

Figura 18. **Motor DC, molino 1 tándem B**



Fuente: Pantaleón S.A.

Motores eléctricos: un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías.

Motores hidráulicos: un motor hidráulico es un actuador mecánico que convierte presión hidráulica y flujo en un par de torsión y un desplazamiento angular, es decir, en una rotación o giro. Su funcionamiento es inverso al de las bombas hidráulicas y es el equivalente rotatorio del cilindro hidráulico. Se emplean sobre todo porque entregan un par muy grande a velocidades de giro pequeñas en comparación con los motores eléctricos.

En Pantaleón se usa una serie de motores hidráulicos *Hagglunds* para dar movimiento a las mazas cañeras de cada molino, ya que estas giran a menor velocidad que las otras tres masas para una extracción de jugo más efectiva (ver figura 19).

Figura 19. **Motor hidráulico, molino 1 tándem A**



Fuente: Pantaleón S.A.

Tándem: el tándem de molinos es un conjunto de molinos colocados en serie (ver figura 21), en Pantaleón cada tándem cuenta con seis molinos los cuales tienen como función principal extraer la mayor cantidad de jugo que sea posible, hasta alcanzar la separación de todo el jugo de la fibra de la caña, extrayendo la mayor cantidad de sacarosa para obtener bagazo con la menor cantidad de azúcar.

Cada molino cuenta con un juego de cuatro mazas debidamente posicionadas y una serie de cuchillas las cuales cuentan con un rallado especial

por medio de los cuales se hace pasar la caña para comprimirla y así extraer la mayor cantidad de jugo que sea posible. Para cada molino se tiene diferentes separaciones entre mazas y cuchillas con lo cual se pretende hacer progresiva la compresión de la fibra de caña, disminuyendo gradualmente la distancia entre las mazas en cada molino a lo cual se le conoce como *setting* de molinos que son las especificaciones en medidas de los molinos y aberturas entre mazas.

El tándem también cuenta con otra serie de componentes que van de la mano con los molinos ya que son equipos de suma importancia para el correcto funcionamiento del mismo, tal es el caso de la rastra de bagacillo, está localizada en el área de molinos 1 y 2 de cada tándem. Es un conductor de tablillas con telas metálicas que lleva el bagazo colado en el jugo de regreso hacia los molinos, deja pasar el jugo al tanque que luego lo transporta a las torres de sulfitación.

El tanque de agua de imbibición localizado también en el área de extracción de jugo, es un tanque cilíndrico de gran capacidad donde se almacena el agua de condensados (usada como agua de imbibición), es agua limpia que no causará incrustaciones en las tuberías.

Conductor intermedio: estos conductores se llaman también de arrastre o inclinados (debido a su forma), son utilizados comúnmente para el traslado de bagazo de un molino al siguiente donde la tolva de alimentación es tipo Donnelly, también pueden ser utilizados para el traslado de bagazo entre molinos provistos de alimentadores abiertos.

En el ingenio Pantaleón se cuenta con conductores intermedios con cadenas de arrastre o de rastrillo (ver figura 20).

Figura 20. **Conductor intermedio 3 tándem B**



Fuente: Pantaleón S.A.

Reductores de velocidad: es un conjunto de engranajes acoplados entre sí, su finalidad consiste en disminuir gradualmente las revoluciones de entrada (del motor) y aumentar el torque hacia el eje de salida del reductor, consta de tres ejes que van montados sobre cojinetes, dispuestos en una carcasa en la cual están alojados los engranes y el lubricante. El ratio es la relación cuantificada entre dos magnitudes que refleja su proporción, en pocas palabras, la relación de las revoluciones que entran al reductor entre las que salen de él.

Pantaleón cuenta con diversidad de reductores de velocidad que le permiten el funcionamiento a velocidades deseadas operativamente. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño. Para cada tándem de molinos se tiene una serie de reductores de alta velocidad que se sitúan a la salida del motor DC (ver figura 20), seguidamente

se tiene el reductor de baja obteniendo así una velocidad ideal para el giro de la maza superior (ver figura 21).

Un reductor puede tener una cantidad variada de ejes. Si tiene tres ejes, se llaman:

- Eje de alta (revolución)
- Eje de media (revolución)
- Eje de baja (revolución)

Los ejes de alta y baja tienen solo un engrane (catarina o piñón), el resto de ejes intermedios tienen dos engranes (catarina y piñón).

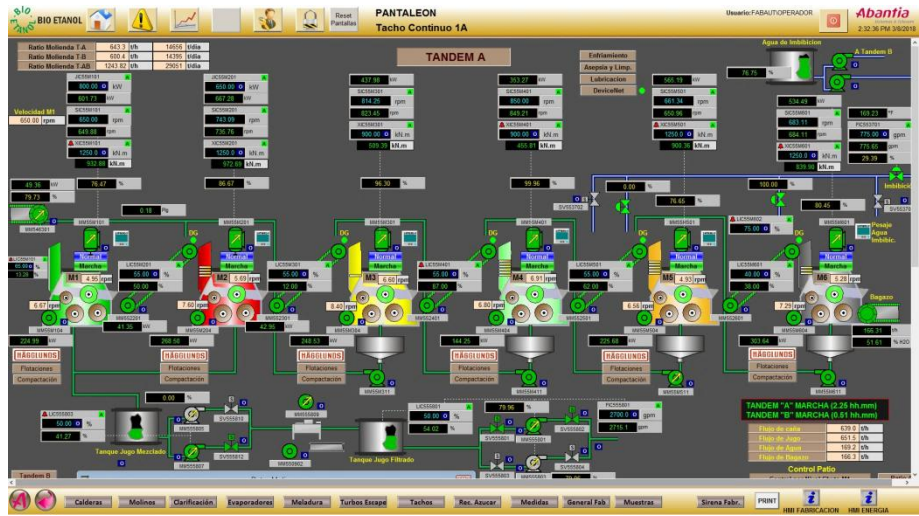
Figura 21. **Motor DC acoplado con reductor de alta, molino 4 tándem A**



Fuente: Pantaleón S.A.

En el cuarto de control de molinos hay un operador dedicado a observar la operación de preparación y de molinos a través de pantallas de interface del sistema de control, que permiten la operación automática. La figura 22 muestra dicha pantalla.

Figura 22. Pantalla de interface sistema de control molinos tándem A



Fuente: Pantaleón S.A.

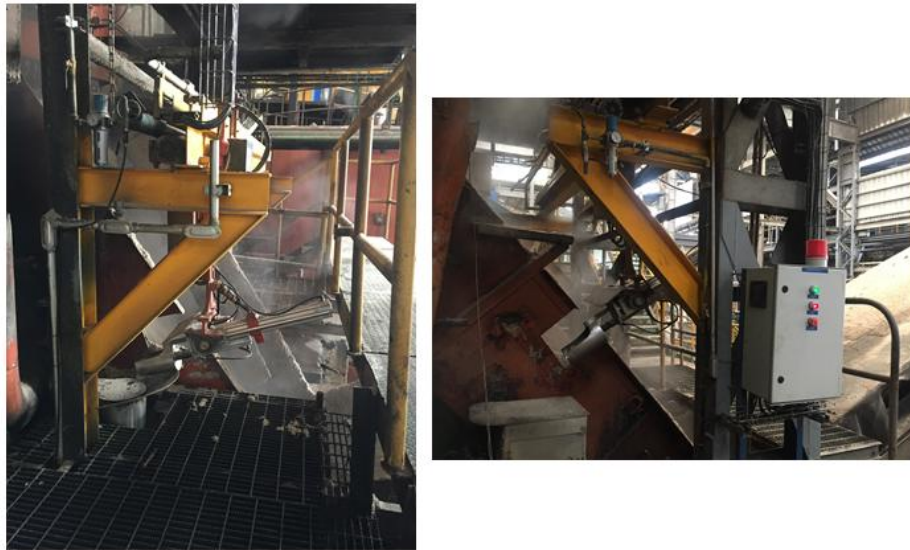
En esta pantalla se puede monitorear las revoluciones de los motores hidráulicos, motores DC, bombas, niveles de los chutes, la potencia consumida por los motores, el torque, niveles de los tanques de jugo mezclado, apertura y cierre de válvulas, nivel de flotación, cantidad de bagazo t/h, porcentaje de humedad, presiones de los motores DC e hidráulicos, flotaciones.

Estos parámetros están en constante monitoreo ya que es un subproceso importante en la extracción de jugo, para obtener de la caña de azúcar los mayores niveles de sacarosa.

La capacidad de molienda es de 26 825 toneladas de caña por día, y se produce azúcar blanco, azúcar crudo, azúcar moreno, azúcar refino y HTM, con una capacidad de producción equivalente 55 666 sacos diariamente, se produce alcohol a partir de la melaza con una capacidad de 299.28 m³ por día.

Muestreador de Bagazo: al final de la etapa de molienda, en el molino 6 de cada tándem se implementó una mejora para la zafra 2017-2018, que es la de un muestreador de bagazo el cual es operado de forma remota y local. La muestra es depositada en recipientes especiales para una fácil recuperación, esta muestra es la que el laboratorio analiza para obtener la humedad que lleva el bagazo, que es conducida a la alimentación de cada caldera de acuerdo con su capacidad. Se extraen muestras de tres puntos distintos para que la muestra que se está tomando sea homogénea. En la figura 23 se observa el muestreador instalado en la parte final de ambos tándems.

Figura 23. **Muestreador tándem A y B**



Fuente: Pantaleón S.A.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Conceptos generales de redes

Los conceptos que se presentan en esta sección son un resumen amplio de las principales características de las redes que nos servirán para tener un criterio amplio al momento de dar las recomendaciones necesarias, en la mejora y disponibilidad de la red que este proyecto examina.

Actualmente, debido a la gran cantidad de ordenadores y dispositivos de los que se dispone en cualquier empresa u organización, es necesario compartir recursos (dispositivos e información) de una forma eficiente entre los distintos usuarios informáticos. Este planteamiento es el que ha producido un gran desarrollo en las tecnologías de redes en los últimos años.

Dependiendo del ámbito se pueden clasificar las redes según distintos criterios, tales como, por extensión, por propiedad, por método de conexión, por relación funcional, por topología.

Por extensión: pueden catalogar en tres grandes grupos:

- LAN
- MAN
- WAN

Redes de área local (LAN, *área local network*): su extensión abarca como máximo un edificio. Son las más frecuentes y se puede observar en la mayoría de las oficinas y en instalaciones de todo tipo.

Redes de área metropolitana (MAN, *área metropolitana network*): se extienden por toda la ciudad, incluyendo distintos edificios no adyacentes.

Existen otros tipos de redes estas son: PAN (*personal área network*) y redes WLAN (*wireless LAN*).

Por propiedad, según su nivel de acceso o privacidad, las redes pueden ser:

Redes públicas: son aquellas redes cuyo acceso es público y global. Un ejemplo claro de red pública y de ámbito mundial es internet.

Redes privadas: son redes restringidas al propietario o a los usuarios que las utilizan (son redes LAN en su mayoría). Cuando este tipo de redes utilizan herramientas típicas de la red pública se denominan intranets.

Redes privadas virtuales (VPN): son un tipo de redes resultante de la interconexión de varias redes privadas entre sí, aprovechando la infraestructura de una red global. Se usan generalmente para conectar las sedes de una organización. El concepto de extranet se entiende como varias intranet conectadas entre sí, utilizando como infraestructura la red de internet.

Por método de conexión: según el acceso a través de medios de transmisión físicos e inalámbricos.

Por medios guiados (cables): en ellas, la información viaja en forma de ondas encapsuladas dentro de un cable. Dicho cable puede ser de par trenzado (el más utilizado en redes LAN), coaxial o de fibra óptica.

Inalámbricas: la transmisión se realiza mediante antenas y la información viaja en forma de ondas electromagnéticas. Las tecnologías utilizadas son: radiofrecuencia (redes Wi-Fi y Bluetooth), microondas, por satélite y por infrarrojos.

Por relación funcional: según la interacción de los elementos de red.

Redes cliente-servidor: un servidor es el ordenador central más importante de una red. Es el encargado de gestionar la información centralizada o corporativa (normalmente es el que la almacena), así como de aplicar las normas de acceso a ella. También cumple la función de gestionar la configuración propia de la red y del acceso a sus recursos y dispositivos.

El resto de ordenadores de la red se denominan clientes o terminales y son los puestos desde los cuales los usuarios se comunican con el ordenador central. Los ordenadores clientes pueden ser terminales puros (solo tienen monitor y un teclado/ratón) o, más frecuentemente, ordenadores personales (PC) autónomos que pueden trabajar de forma independiente y conectarse a los recursos del servidor cuando sea necesario.

Redes punto a punto: también se denominan redes *peer to peer* o redes entre iguales. En este tipo de redes, todos los nodos o estaciones de trabajo se comportan simultáneamente como clientes y como servidores. En general, las redes entre iguales suelen ser modelos válidos en redes pequeñas y simples, con pocos recursos y pocos usuarios (menos de diez). Por topología. La

topología es la forma en que se pueden conectar las distintas estaciones de trabajo y los diferentes medios de transmisión.

Por topología: la topología es la forma en que se pueden conectar las distintas estaciones de trabajo y los diferentes medios de transmisión. Las distintas topologías interconectar distintos elementos a una red por medio de distintas configuraciones de medios de transmisión, facilitando el intercambio de información en una red. Los conceptos básicos de las distintas topologías se ampliarán más adelante, con el fin de enumerar las ventajas y desventajas de cada una de ellas con el propósito de recomendar mejoras por realizar dado que es uno de los objetivos de la presentación de este proyecto.

Por topología de una red se entiende habitualmente que es la estructura de la red, es decir, la forma en que se lleva a cabo la conexión. Las topologías más utilizadas son: en bus (lineal), en estrella, en árbol y en anillo.

Conectividad: los componentes básicos de conectividad de una red incluyen los cables, los adaptadores de red y los dispositivos inalámbricos que conectan los equipos al resto de la red. Estos componentes permiten enviar datos a cada equipo de la red, permitiendo que los equipos se comuniquen entre sí.

Algunos de los componentes de conectividad más comunes de una red son:

- Adaptadores de red
- Cables de red
- Dispositivos de comunicación inalámbricos

Adaptador de red: cada adaptador de red tiene una dirección exclusiva, denominada dirección de control de acceso al medio (*media access control*, MAC), incorporada en chips de la tarjeta. Los adaptadores de red convierten los datos en señales eléctricas que pueden transmitirse a través de un cable.

Convierten las señales eléctricas en paquetes de datos que el sistema operativo del equipo puede entender.

Los adaptadores de red constituyen la interfaz física entre el equipo y el cable de red. Los adaptadores de red, son también denominados tarjetas de red o NICs (*Network Interface Card*), se instalan en una ranura de expansión de cada estación de trabajo y servidor de la red. Una vez instalado el adaptador de red, el cable de red se conecta al puerto del adaptador para conectar físicamente el equipo a la red.

Los datos que pasan a través del cable hasta el adaptador de red se formatean en paquetes. Un paquete es un grupo lógico de información que incluye una cabecera, la cual contiene la información de la ubicación y los datos del usuario.

La cabecera contiene campos de dirección que incluyen información sobre el origen de los datos y su destino. El adaptador de red lee la dirección de destino para determinar si el paquete debe entregarse en ese equipo. Si es así, el adaptador de red pasa el paquete al sistema operativo para su procesamiento. En caso contrario, el adaptador de red rechaza el paquete.

Cada adaptador de red tiene una dirección exclusiva incorporada en los chips de la tarjeta. Esta dirección se denomina dirección física o dirección de

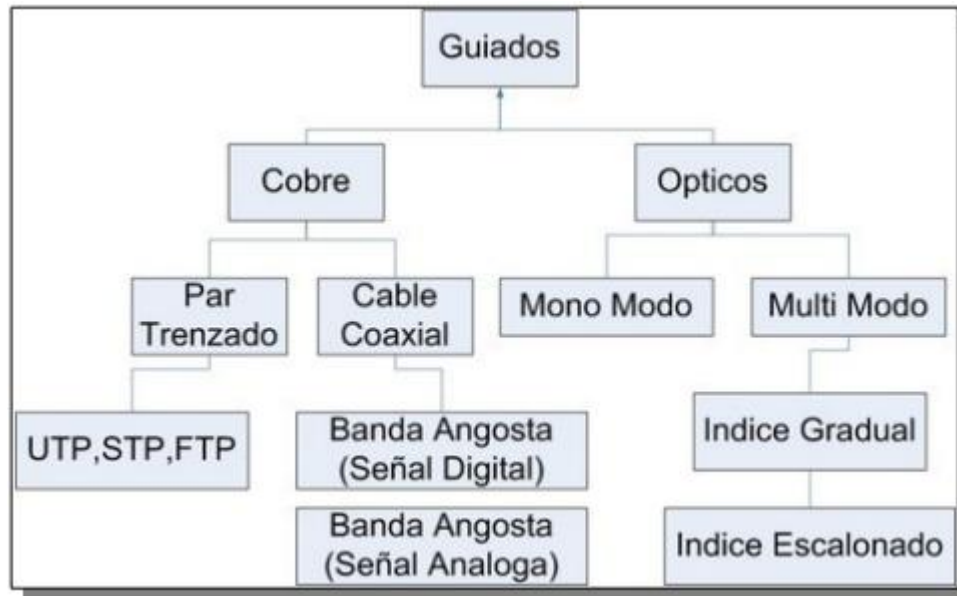
control de acceso al medio (*media access control*, MAC). El adaptador de red realiza las siguientes funciones:

- Recibe datos desde el sistema operativo del equipo y los convierte en señales eléctricas que se transmiten por el cable.
- Recibe señales eléctricas del cable y las traduce en datos que el sistema operativo del equipo puede entender.
- Determina si los datos recibidos del cable son para el equipo.
- Controla el flujo de datos entre el equipo y el sistema de cable.

Medios de transmisión guiados: para que una red funcione, los dispositivos deben estar interconectados, ya sea por medios cableados o inalámbricos. El soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse se conoce como medio de transmisión de datos. Los medios de transmisión se pueden dividir en dos grandes categorías: guiados y no guiados.

Medios guiados: se conoce como medios guiados a aquellos que utilizan unos componentes físicos y sólidos para la transmisión de datos. También conocidos como medios de transmisión por cable.

Figura 24. Esquema de medios guiados



Fuente:< http://www.redtauros.com/Clases/Telecomunicaciones_I/14_Medios_Guiados.pdf>
[Consulta: marzo de 2018].

Dispositivos de comunicación inalámbricos: las redes inalámbricas de área local, WLAN por sus siglas en inglés *Wireless Local Area Network*, son redes que comúnmente cubren distancias de los 10 a los 100 de metros.

Sus características más destacadas son:

- Movilidad: permite transmitir información en tiempo real en cualquier lugar de la organización o empresa a cualquier usuario. Esto supone mayor productividad y posibilidades de servicio.
- Facilidad de instalación: al no usar cables, se evitan obras para tirar cable por muros y techos, mejorando así el aspecto y la habitabilidad de

los locales, y reduciendo el tiempo de instalación. También permite el acceso instantáneo a usuarios temporales de la red.

- Flexibilidad: puede llegar donde el cable no puede, superando mayor número de obstáculos, llegando a atravesar paredes. Así, es útil en zonas donde el cableado no es posible o es muy costoso: parques naturales, reservas o zonas escarpadas.

Las WLANs no necesitan un medio físico guiado, sino que utilizan ondas de radio (o infrarrojos) para llevar la información de un punto a otro. Para acceder a la red, los usuarios deben de poseer adaptadores inalámbricos. A los computadores o dispositivos con interfaz inalámbrica se les llamará estaciones. La naturaleza de la conexión sin cable es transparente a la capa del cliente.

Tabla II. **Comparativa WLAN – LAN cableada**

WLAN - LAN cableada		
Aspecto	WLAN	LAN cableada
Velocidad de transmisión	11 - 54Mbps	100/1000Mbps
Coste de instalación	Bajo	Alto
Movilidad	Si	No
Flexibilidad	Muy alta	Baja
Escalabilidad	Alta	Muy alta
Seguridad	Media	Alta
Demanda	Alta	Muy Alta

Continuación de la tabla II.

Configuración e instalación	Facil	Compleja
Presencia en empresas	Media	Alta
Coste de expansión	Bajo	Alto
Licencia	No regulado	No

Fuente: < <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+-+Redes+inal%C3%A1mbricas+de+%C3%A1rea+local+%28WLAN%29.pdf>> [Consulta: marzo de 2018].

2.1.1. Definición de redes

Al margen de que puedan hacerse por cable estructurado, o por vía inalámbrica, las redes pueden dividirse por su alcance o cobertura. Lógicamente, cuanto mayor sea el espacio que queremos abarcar, más difícil y costosa puede resultar la instalación de cables.

Una red de comunicaciones es un conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia entre equipos autónomos

Una red de computadoras también llamada red informática, es un conjunto de equipos computadoras y dispositivos, conectados por medio de cables, señales, ondas o cualquier otro método de transporte de datos, para compartir información (archivos), recursos (discos, impresoras, programas) y servicios

(acceso a una base de datos, internet, correo electrónico, chat, juegos). A cada una de las computadoras conectadas a la red se le denomina un nodo.

2.1.2. Protocolos de redes

Un protocolo de red designa el conjunto de reglas que rigen el intercambio de información a través de una red de computadoras.

Este protocolo funciona de la siguiente forma, cuando se transfiere información de un ordenador a otro, por ejemplo mensajes de correo electrónico o cualquier otro tipo de datos esta no es transmitido de una sola vez, sino que se divide en pequeñas partes.

El protocolo de una red es el software necesario para que dos equipos de una red puedan comunicarse entre sí. Como ya se sabe, los ordenadores deben hablar el mismo lenguaje para poder compartir la información y los recursos de una red: este lenguaje es el protocolo de comunicación. El protocolo se encuentra en el nivel superior o última capa del modelo OSI, pues corresponde al estadio más lógico (software) de todos los definidos en este modelo.

Existen varios tipos de protocolos. Normalmente tienen que ver con el tipo de sistema operativo que se esté utilizando en la red. El sistema operativo suele incluir uno o varios tipos de protocolos que el usuario o el administrador de una red pueden utilizar para conseguir que la red funcione adecuadamente.

2.1.3. Topología de redes

La topología de red se define como la cadena de comunicación usada por los nodos que conforman una red para comunicarse. Un ejemplo claro de esto es la topología de árbol, la cual es llamada así por su apariencia estética, por la cual puede comenzar con la inserción del servicio de internet desde el proveedor, pasando por el *router*, luego por un *switch* y este deriva a otro *switch* u otro *router* o sencillamente a los *hosts* (estaciones de trabajo).

El resultado es una red con apariencia de árbol porque desde el primer *router* que se tiene se ramifica la distribución de internet dando lugar a la creación de nuevas redes o subredes tanto internas como externas. Además de la topología estética, se puede dar una topología lógica a la red y eso dependerá de lo que se necesite en el momento.

La topología de red la determina únicamente la configuración de las conexiones entre nodos. La distancia entre los nodos, las interconexiones físicas, las tasas de transmisión y los tipos de señales no pertenecen a la topología de la red, aunque pueden verse afectados por la misma.

La configuración de red se denomina topología de red, teniendo como objetivo:

- Máxima fiabilidad.
- Encaminar el tráfico utilizando la vía de costo mínimo entre los equipos terminal de datos, transmisores y receptores.
- Rendimiento óptimo y el tiempo de respuesta mínimo.

Topología lógica: implica como está funcionando una red realmente, es decir, se puede hacer que una topología física en estrella trabaje como bus o como anillo.

Topología física: es la topología que forman las estaciones a nivel físico, estas pueden ser:

- Topología de interconexión completa
- Topología jerárquica
- Topología en bus
- Topología en anillo
- Topología en estrella
- Topología en malla
- Topología mixta

La topología es la forma en que se pueden conectar las distintas estaciones de trabajo y los diferentes medios de transmisión.

Topología en bus: las redes en bus comparten un mismo canal de transmisión, llamado bus. Consiste en un único cable (de tipo coaxial) que une secuencialmente todos los equipos de la red. Los extremos del bus se cierran con un terminador. Los conectores del cable a los ordenadores se llaman BNC.

Topología en anillo: es una red cerrada en la que los equipos se sitúan de una forma similar a la del bus, pero en este caso formando un anillo completamente cerrado, con lo que el cable no tiene terminadores. La información circula en un sentido por este anillo y cada ordenador analiza si él es el destinatario de la información; si no es así, la deja pasar hasta el siguiente equipo, y así sucesivamente hasta llegar al destinatario.

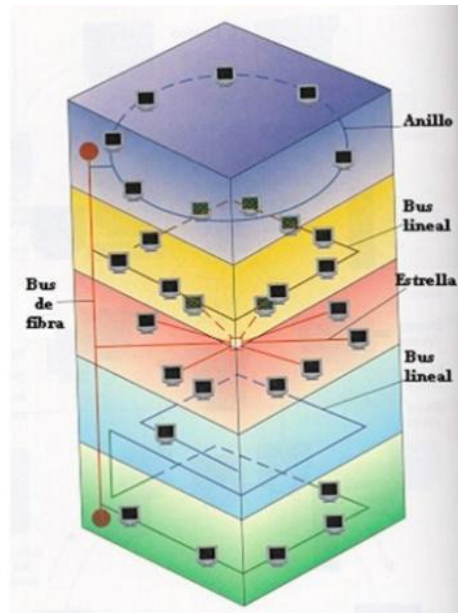
Topología en estrella: en este tipo de redes todos los ordenadores están conectados a un dispositivo específico que se encarga de transmitir la información. Este dispositivo suele ser un concentrador (*hub*) o más frecuentemente, un conmutador (*switch*).

Híbridas: en muchas ocasiones, la topología en malla se utiliza junto con otras topologías para formar una topología híbrida. Está conectada a un servidor que le manda otros computadores.

El bus, la estrella y el anillo se combinan algunas veces para formar redes híbridas.

- Anillo en estrella: se utiliza con el fin de facilitar la administración de la red. Físicamente, la red es una estrella centralizada en un concentrador, mientras que a nivel lógico, la red es un anillo.
- Bus en estrella: el fin es igual a la topología anterior. En este caso la red es un "bus" que se cablea físicamente como una estrella por medio de concentradores.
- Estrella jerárquica: esta estructura de cableado se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales, por medio de concentradores dispuestos en cascada para formar una red jerárquica.

Figura 25. **Topología híbrida**

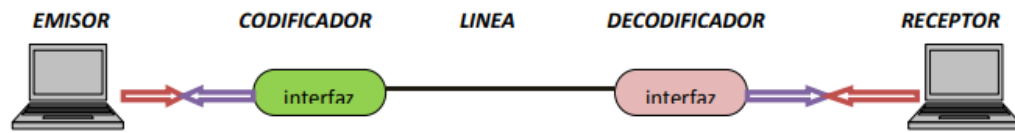


Fuente: < <http://fcaenlinea.unam.mx/2006/1235/docs/unidad3.pdf> > [Consulta: marzo de 2018].

2.1.4. **Elementos de una red**

En cualquier red o sistema de comunicación se pueden encontrar los siguientes elementos de funcionamiento: El emisor, que genera una señal (petición u origen de la comunicación). El codificador de esta señal, que prepara la comunicación para que pueda viajar por la línea. La línea o medio de comunicación por donde viaja la información. El decodificador de la señal, que recoge la señal y la vuelve a traducir para que el receptor la procese. El receptor o elemento destinatario de la señal.

Figura 26. **Elementos de una red**



Fuente: < https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-03-01_08-23-20116123.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

En las redes informáticas, los ordenadores (*hosts*) hacen el papel de emisores y receptores al mismo tiempo. La línea o canal por donde circula la comunicación es el medio físico por el que viajan los datos, ya sean cables o medios no guiados. Los componentes de la red deben poseer interfaces que sean capaces de conectar los distintos dispositivos y elementos de la red y que preparen la señal para que viaje por el medio establecido: por ejemplo las tarjetas de red de los ordenadores o los módems.

Para que el emisor y receptor puedan comunicarse necesitan utilizar el mismo sistema de reglas, a este sistema se le llama protocolo, siendo el más utilizado para redes informáticas el protocolo TCP/IP, que es propio de la red internet.

La clasificación de las redes según distintos criterios tales como, por extensión, por propiedad, por método de conexión, por relación funcional, por topología, permite establecer que elementos habrá en una red.

Los elementos típicos de una red LAN son aquellos medios que centralizan el cableado, definen que puertos tiene actividad, regeneradores de señal, unión de segmentos y enrutadores.

Se mencionan los elementos más utilizados:

Conmutador (*switch*): un conmutador o *switch* es capaz de reconocer qué puertos en ese momento tienen actividad (están conectados a una estación de trabajo, una impresora, etc.) y transmitir la señal solo a estos, e incluso aprende a qué PC de destino va dirigida, lo que redundará en mayor rapidez.

Repetidor: la señal de transmisión se atenúa, o incluso se pierde, cuanto mayor es la distancia a la que se desea transmitir. Un repetidor es un dispositivo hardware encargado de amplificar o regenerar la señal de transmisión. Opera solamente de forma física para permitir que los bits viajen a mayor distancia a través de los medios. Normalmente, la utilización de repetidores está limitada por la distancia máxima de la red y el tamaño máximo de cada uno de los segmentos de red conectados.

Bridge: al igual que un repetidor, un *bridge* o puente puede unir segmentos o grupos de trabajo LAN. Sin embargo, un *bridge* puede, además, dividir una red para aislar el tráfico o los problemas. Por ejemplo, si el volumen del tráfico de uno o varios equipos, o de un departamento, está sobrecargando y ralentiza todas las operaciones, el bridge puede aislar esos equipos.

Router: o enrutador es un dispositivo que interconecta segmentos de red o redes enteras, aunque éstas tengan distintas tecnologías, siempre y cuando utilicen el mismo protocolo. Desempeña las siguientes funciones:

- Adapta la estructura de información de una red a otra.
- Pasa información de un soporte físico a otro (distintas velocidades y soportes físicos).

- Encamina la información por la ruta óptima. Decide la dirección de la red hacia la que va destinado el paquete de datos (en el caso del protocolo TCP/IP, ésta es la dirección IP).
- Reagrupa la información que viene por rutas distintas.

Generalmente, el *router* es el dispositivo que conecta una red LAN a Internet o una LAN a otras LAN. La interconexión de distintas redes LAN mediante *routers* conforman redes de ámbito superior (MAN y WAN).

Es habitual que los *routers* incorporen tecnología Wi-Fi y más de un puerto de conexión (cuatro puertos RJ45), lo que los convierte también en pequeños *switchs*.

2.1.5. Modelo OSI

El modelo OSI divide en siete capas el proceso de transmisión de la información entre equipos informáticos, es un modelo estándar internacional para las comunicaciones en red. Las capas del modelo OSI describen el proceso de transmisión de los datos dentro de una red.

Los estándares son necesarios para promover la interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes. Debido a la complejidad que implica las comunicaciones, un solo estándar no es suficiente.

En su lugar, las distintas funcionalidades deberían dividirse en partes más manejables, estructurándose en una arquitectura de comunicaciones.

La arquitectura consistirá, por tanto, el marco de trabajo para el proceso de normalización. Una técnica muy aceptada para estructurar los problemas, es

la división en capas. Esta técnica, las funciones de comunicación se distribuyen en un conjunto jerárquico de capas.

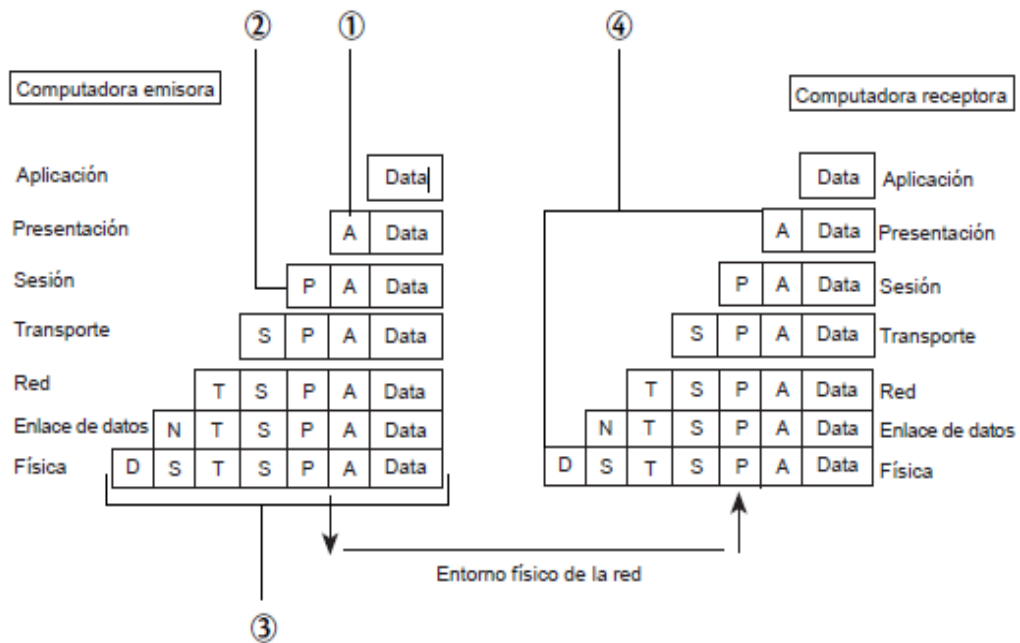
Cada capa realiza un sub conjuntos de tareas, relacionadas entre sí, con la necesidad de comunicarse con otros sistemas. Por otra parte cada capa se sustenta en la capa inmediatamente inferior, la cual realiza funciones más primitivas, ocultando los detalles a las capas superiores.

Una capa proporciona servicios a la capa inmediatamente superior. Idealmente, las capas deberían estar definidas para que los cambios en una capa no implicaran cambios en otras capas, de esta forma, el problema se descompone en varios sub problemas más abordables.

El conjunto de capas, así como los servicios a realizar por cada una de ellas deberían agrupar a las funciones que fueran conceptualmente próximas en un número suficiente, tal que cada capa fuese lo suficientemente pequeña, pero sin llegar a definir demasiadas para evitar así sobrecargas en el procesamiento.

En la figura 27 se muestra la arquitectura OSI. Cada sistema debe contener las siete capas. La comunicación se realiza entre las dos aplicaciones de los dos dispositivos.

Figura 27. **Datos emitidos y recibidos por una computadora por la pila OSI**



Fuente: < https://blyx.com/public/docs/pila_OSI.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

La figura 27 muestra los datos que bajan por la pila OSI de dispositivo o computadora emisora y se trasladan hacia la pila OSI del otro dispositivo o computadora receptora.

Cada proceso enumerado se describe a continuación:

- Encabezado de la capa de aplicación.
- Encabezado de la capa de presentación.
- Paquete con todos los encabezados de las capas OSI.
- Los encabezados se van suprimiendo a medida que los datos suben por la capa OSI.

Tabla III. **Capas del modelo OSI**

Capas o niveles OSI	Función
7. Capa de aplicación	Corresponde a los programas de aplicación que usa la red
6. Capa de presentación	Define la forma en que se presentan los datos a las aplicaciones
5. Capa de sesión	Gestiona las conexiones entre aplicaciones cooperativas
4. Capa de transporte	Proporciona servicios de detección y corrección de errores
3. Capa de red	Gestiona conexiones a través de la red para capas superiores
2. Capa de enlace	Proporciona servicio de envío de datos a través del enlace físico
1. Capa física	Define las características físicas de la red.

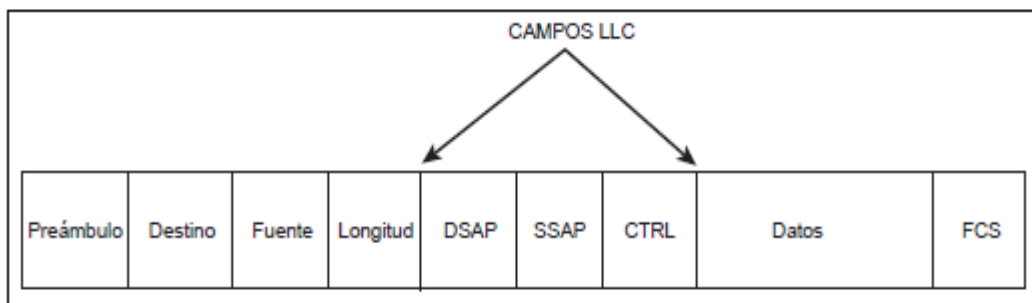
Fuente: < https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-03-01_08-23-20116123.pdf> [Consulta: marzo 2018].

La tabla III muestra el modelo OSI que explica el modo en que se desplazan los datos desde una computadora emisora a otra computadora receptora.

La información de encabezamiento se añade a cada trama que contenga las direcciones de envío y recepción.

La capa de enlace de datos también se asegura de que las tramas enviadas por el enlace físico se reciben sin error alguno. Los protocolos que operan en esta capa adjuntarán un chequeo de redundancia cíclica al final de cada trama (*Cyclical Redundancy Check* o CRC).

Figura 28. **Trama Ethernet, capa de enlace de datos modelo OSI**



Fuente: < https://blyx.com/public/docs/pila_OSI.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

La figura 28 muestra una trama Ethernet y los componentes de la trama. La tabla IV describe cada uno de sus componentes.

A través de Ethernet se pueden conectar terminales de programación, módulos integradores piramidales, y software de supervisión.

Tabla IV. **Segmento trama Ethernet**

Segmento	Función
Preámbulo	Bits de alternación (1 y 0) que indican que se ha enviado una trama
Destino	La dirección de destino
Fuente	La dirección de origen
Longitud	Especifica el número de bytes de datos incluido en la trama
DSAP	<i>Destination Service Access Point</i> o punto de acceso al servicio de destino: indica a la tarjeta de red de la computadora receptora donde tiene que ubicar la trama dentro de la memoria intermedia.
SSAP	Proporciona la información de punto de acceso al servicio (<i>Service Access Point</i>) para la trama
CTRL	Un campo del control lógico del enlace.
Datos	Este segmento de la trama mantiene los datos que se han enviado.
FCS	El campo de secuencia de comprobación de la trama (<i>Frame Check Sequenc</i>) contiene el valor CRC para la trama

Fuente:< https://blyx.com/public/docs/pila_OSI.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

La capa física: en la capa física las tramas procedentes de la capa de enlace de datos se convierten en una secuencia única de bits que pueden transmitirse por el entorno físico de la red.

La capa física también determina los aspectos físicos sobre la forma en que el cableado está enganchado a la *Network Interface Card* NIC de la computadora. En la computadora receptora de datos, la capa física es la encargada de recibir la secuencia única de bits.

2.1.6. Modelo TCP/IP

La arquitectura del protocolo TCP/IP (transmission control protocol/Internet protocol), es la unión de dos protocolos IP y TCP. El modelo OSI describe las comunicaciones de red ideales con una familia de protocolos. TCP/IP no se corresponde directamente con este modelo.

TCP/IP combina varias capas OSI en una única capa, o no utiliza determinadas capas. La tabla V muestra las capas de la implementación de Oracle Solaris de TCP/IP. La tabla enumera las capas desde la capa superior (aplicación) hasta la capa inferior (red física).

Tabla V. **Capas protocolo TCP/IP y equivalentes modelo OSI**

Referencia Modelo OSI No. de capas	Equivalente de capa OSI	Capa TCP/IP	Ejemplos de protocolo TCP/IP
5, 6, 7	Aplicación, sesión, presentación	Aplicación	NFS, NIS, DNS, LDAP, telnet, ftp, rlogin, rsh, rcp, RIP, RDISC, SNMP y otros.
4	Transporte	Transporte	TCP, UDP, SCTP
3	Red	Internet	IPv4, IPv6, ARP, ICMP
2	Vinculo de datos	Acceso de red	PPP, IEEE 802.2
1	Física		Ethernet (IEEE 802.3), Token Ring, RS-232, FDDI y otros.

Fuente: <<https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-10/>> [Consulta: marzo de 2018].

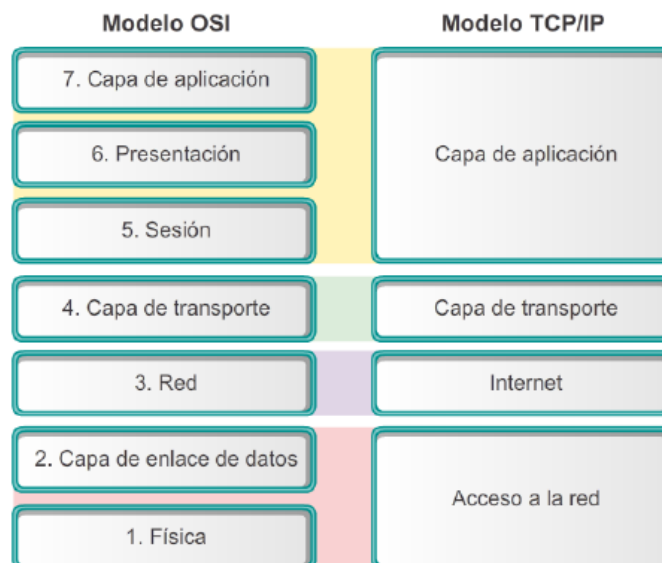
La tabla V y la figura 29 muestran las capas de protocolo TCP/IP y los equivalentes del modelo OSI. También se muestran ejemplos de los protocolos disponibles en cada nivel de la pila del protocolo TCP/IP. Cada sistema que

participa en una transacción de comunicación ejecuta una única implementación de la pila del protocolo.

El modelo o protocolo de arquitectura TCP/IP, se ha convertido en el protocolo preferido de comunicaciones. En redes LAN es utilizado y los sistemas operativos más comunes (Windows, Mac OS, Novell, UNIX, Linux...) lo incorporan como elemento fundamental de su estructura. El TCP/IP se ha convertido en el estándar de comunicación más completo y aceptado.

Gracias al TPC/IP, redes heterogéneas y con distintos sistemas operativos pueden comunicarse. Asimismo, muchos componentes de hardware, como impresoras, *routers*, incorporan en su firmware este protocolo para poder ser configurados dentro de la red.

Figura 29. **Comparación entre modelos OSI y TCP/IP**



Fuente:< <https://interpolados.wordpress.com/2017/03/01/comparacion-entre-el-modelo-osi-y-el-modelo-tcpip/>> [Consulta: marzo de 2018].

El protocolo IP trabaja a nivel de red (nivel 3 del modelo OSI) y su función se mueve en el ámbito y direccionamiento y los puertos. Para poder enviar un paquete a un nodo hay que conocer, además de la dirección IP, el número de puerto donde recibirá la información (hay 65 536 puertos disponibles). Cuando el nodo destinatario recibe la información, genera un paquete de respuesta invirtiendo los números. El protocolo TCP trabaja a nivel de transporte (nivel 4 del modelo OSI) y está orientado al control del flujo y la conexión.

El transporte se realiza mediante paquetes, denominados datagramas, que incluyen en la cabecera la dirección IP de origen y destino, así como el puerto de origen y destino. Una vez instalado el protocolo TCP/IP, cada nodo o elemento de una red (host) debe estar identificado mediante una dirección IP exclusiva. El número IP está formado por un conjunto de cuatro cifras decimales de un byte separadas por puntos. Cada cifra decimal consta de un valor comprendido entre 0 y 255.

Las clases de direcciones IP dan cabida a redes de distintos tamaños. Hay tres clases de direcciones IP que una organización puede recibir de parte de la *Internet Corporation for Assigned Names and Numbers* (ICANN): clase A, clase B y clase C. En la actualidad, la ICANN reserva las direcciones de clase A para los servidores de Internet (*hosts* de Internet) y las direcciones de clase B para las medianas o grandes empresas que poseen ordenadores por todo el mundo.

Las direcciones de clase C se reservan para las redes LAN o intranets. Cada clase de red permite una cantidad fija de equipos (*hosts*) y se distingue por el primer conjunto de dígitos de su dirección.

Tabla VI. **Redes según la clase de IP**

Clase	Rango	N° redes	N° host	Mascara de red
A	1.0.0.0 - 126.0.0.0	126	16 777 214	255.0.0.0
B	128.0.0.0 - 191.255.0.0	16 384	65 534	255.255.0.0
C	192.0.0.0-223.255.255.0	2 097 152	254	255.255.255.0

Fuente: <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-03-01_08-23-20116123.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

Máscara de red: en una red pueden crearse distintas subredes. Para diferenciar los equipos que pertenecen a las distintas subredes de una LAN se utilizan las máscaras de subred, que también se componen de 32 bits separados en cuatro octetos.

La dirección IP de una máquina se compone de dos partes cuya longitud puede variar: bits de red, que definen la red a la que pertenece el equipo, y bits de host, que son los que distinguen a un equipo de otro dentro de la red.

Los bits de red siempre están a la izquierda, y los de host, a la derecha. Por ejemplo; la dirección 195.10.20.4 con máscara 255.255.255.0 indica que hacemos referencia a un nodo que está en la red 195.10.20 y que es el nodo 4.

Enrutamiento o puerta de enlace: para que un ordenador se pueda comunicar con otro, ambos deben pertenecer a la misma red. Cuando dos *host*

no se encuentran en la misma red, se utilizan unas tablas de enrutamiento para decidir a qué nodo se transmite la información.

En este caso, el nodo al que se envía esta información actúa como pasarela (*gateway*) y él se encarga, a su vez, de transmitir esa información a la red de destino.

2.2. Tipo de redes

Las redes se clasifican según su cobertura, su topología y su relación funcional. Dentro de su clasificación se puede mencionar los distintos tipos, a continuación se desglosan la clasificación de cada red (ver tabla VII):

Tabla VII. **Clasificación de redes**

Clasificación de cada red		
Según su Cobertura	Según su Topología	Según su relación Funcional
• PAN	• Estrella	• Cliente - Servidor
• LAN	• Anillo	
• MAN	• Bus	• Igual a Igual
• WAN	• Jerárquicas	
	• Híbridadas	

Fuente: <<http://www.fca.unl.edu.ar/informaticabasica/Redes.pdf>> [Consulta: marzo 2018].

Clasificación según su cobertura: a continuación, se define los conceptos de las distintas redes según su cobertura (ver tabla VII.).

- PAN (red de área Personal): es una red de ordenadores usada para la comunicación entre los dispositivos de la computadora (teléfonos incluyendo las ayudantes digitales personales) cerca de una persona. El alcance de una PAN es de algunos metros. Se pueden conectar con cables a los USB y FireWire de la computadora. Una red personal sin hilos del área (WPAN) se puede también hacer posible con tecnologías de red tales como IrDA y Bluetooth.
- LAN (red de área local): una red que se limita a un área tal como un cuarto, un solo edificio o una nave. Una LAN grande se divide generalmente en segmentos lógicos más pequeños llamados grupos de trabajo.
- MAN (red de área metropolitana): una red que conecta las redes de dos o más locales, pero no se extiende más allá de los límites de la una ciudad.
- WAN (red de área mundial): es una red que cubre un área geográfica amplia y en gran parte de su estructura utiliza instalaciones de transmisión telefónicas.

Clasificación según su topología: la topología o forma lógica de una red se define como la forma de tender el cable a estaciones de trabajo individuales. Según su topología se puede formar estructuras de cables según la tabla IV.

2.2.1. Definición

Se distinguen diferentes tipos de redes (privadas) según su tamaño (en cuanto a la cantidad de equipos), su velocidad de transferencia de datos y su

alcance. Las redes privadas pertenecen a una misma organización. Generalmente se dice que existen tres categorías de redes: red de área local (LAN), red de área metropolitana (MAN) y red de área extensa (WAN).

Una red se compone de uno o varios transmisores o receptores que intercambian mensajes e información, para eso deben utilizar un canal de comunicación el cual puede ser un medio confinado o no confinado. Para efectuar una comunicación exitosa, los nodos conectados a la red, deben tener el mismo idioma o código. Los nodos en una red se basan en protocolos de comunicación comunes para que éstos puedan entenderse.

Los protocolos proveen mecanismos de control y verificación de errores, así como control de flujo de la información, entre otras funciones. Los mensajes y la información están en una variedad de formatos, por ejemplo voz, datos y video. Los sistemas que forman los nodos pueden ser computadoras, enrutadores, conmutadores de paquetes, conmutadores telefónicos, puntos de acceso, teléfonos, etcétera.

2.2.2. Redes industriales

Las comunicaciones deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Además, deben resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales: una comunicación a nivel de campo, y una comunicación hacia el SCADA (Adquisición de datos y supervisión de control).

En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real o, por lo menos, con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo.

En principio una red se puede definir como una serie de estaciones (nodos) o equipos interconectados entre sí, para tener información más común disponible en uno, varios o cada uno de los dispositivos de red.

Por tanto, las REDES INDUSTRIALES son redes conformadas por equipos de control, tales como:

- PC industriales
- Controladores
- Sistemas de control distribuido
- Transductores y actuadores
- Módulos inteligentes
- Interfaces de operador

Su simplicidad permite que cualquier dispositivo de campo, como un módulo de E/S se comunique vía Ethernet sin necesidad de un potente microprocesador o de mucha memoria interna. La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones.
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo.
- Diagnóstico remoto de componentes.

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

Bus de campo: los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso reciben la denominación genérica de buses de campo.

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0 a 10V DC, según corresponda.

Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

2.2.3. Clasificación de redes industriales

Pirámide CIM de comunicación: CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) se representa como una pirámide en la que en los niveles bajos se encuentran los sensores y actuadores; en los niveles intermedios se interconectan estos elementos para funcionar cooperativamente realizando funciones más o menos sincronizadas y finalmente, en el nivel superior aparece la red informática técnico-administrativa donde se recogen informaciones de estado, registros históricos, datos de partida, consignas.

Las redes industriales se pueden dividir básicamente en tres niveles, los cuales se muestran en la figura 30.

Figura 30. **Clasificación de redes industriales**



Fuente: <http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

Nivel de entrada/salida: es el nivel más bajo de la red donde se conectan los dispositivos de adquisición de los datos en campo tales como: sensores, interfaces de operador, electroválvulas, controladores, etc.

Nivel de campo y proceso: en este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior, tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robots, máquinas herramienta o controladores de motor. Estos dispositivos permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de controlar el proceso industrial deseado.

Nivel de control: protocolos que permiten conectar los elementos que realizan el control en la industria, tales como PLC, sistemas de control distribuidos básicos (DCS) y algunos PC industriales usados para ejecutar el control del proceso exclusivamente.

Nivel de gestión: este nivel se conoce como el nivel de información, en donde se conectan directamente DCS, algunos PLC con procesadores avanzados y estaciones de trabajo para realizar el control supervisado del proceso. Este nivel maneja protocolos de comunicaciones estándares, tales como Ethernet, a diferencia de los niveles anteriores en donde los protocolos de red son propietarios, requiriéndose en la mayoría de las aplicaciones interfaces adicionales.

2.2.4. Tipos de redes de Allen Bradley

Los protocolos de red que proporciona el fabricante Allen-Bradley son:

Red a nivel de dispositivos:

- DeviceNet

Red de automatización y control:

- Red dh485
- Red dh+
- Red rio
- ControlNet

Red de información:

- EtherNet/IP

Las cuales se explicarán a continuación, identificándose las características de funcionamiento y las propiedades que cada una de ellas presenta.

Enlace de datos red dh485: el enlace de datos DH 485 es utilizado para transferir información entre los dispositivos de planta. El enlace de datos monitorizará los parámetros del proceso, los parámetros de los dispositivos, el estado de los dispositivos, el estado del proceso y los programas de aplicación para soportar la adquisición de datos, su monitoreo, carga/descarga del programa y control supervisor.

El enlace de datos DH 485 ofrece:

- Red tipo bus
- Interconexión de 32 dispositivos
- Velocidades 1200, 2400, 9600 y 19200 bps
- Control de acceso al paso testigo (*token passing*)
- Capacidad de añadir o eliminar nodos sin deshacer el enlace
- Longitud máxima de enlace 1200 mts
- Capacidad Multimaestro: Iniciadores y Contestadores
- Usa como medio físico el cable Beldem 9842

Entre los dispositivos de red se encuentran:

- SLC500 fijo
- SLC500 Modular: 5/01, 5/02, 5/03
- PC con software de programación
- HHT (*Hand Held Terminal*)
- DTAM

Red remota universal I/O RIO: la red remota de Allen Bradley tiene como objetivo conectar dispositivos de campo tales como chasis remotos u otros dispositivos inteligentes como operadores de interface, variadores de velocidad, etc. al PLC. Esta red es igual para la familia SLC500 como la familia PLC 5. Estos chasis remotos o dispositivos inteligentes pueden ser montados hasta una distancia de 3 048 mts a una velocidad máxima de 230,4Kbps.

Características:

- Utiliza un simple canal comunicación.
- Red tipo bus.
- Usa un cable *beldem* 9463 como medio.
- Está basado sobre el modelo maestro/esclavo. El módulo scanner en el controlador programable es el maestro y el chasis I/O u otros dispositivos son los esclavos.
- Puede conectar hasta 16 dispositivos.

Entre los dispositivos que usan RIO se encuentran:

- Variadores de velocidad. Chasises remotos.
- REDIPANEL
- PANELVIEW
- DATALINER
- HHT (*Hand Held Terminal*)
- DTAM

Red data highway plus dh+: la red *Data Highway plus* es una red de área local (LAN) diseñada para soportar aplicaciones de control con controladores

programables dispersos por toda la planta a una distancia máxima de 3 048 mts y a una velocidad de transmisión de 230Kbps.

DH+ implementa la comunicación entre dispositivos semejantes con un esquema de paso de testigo para rotar el maestro de la red entre los 64 nodos.

Características:

- Red tipo bus o anillo
- Utiliza *Token Passing* para el control de acceso al medio
- Soporta programas de aplicación y supervisorio
- Usa un cable *beldem* 9 463 como medio
- Puede conectar hasta 64 dispositivos

La *Data Highway Plus* permite conectar hasta 64 dispositivos incluyendo:

- PLC 5, PLC 3, PLC 2 y SLC 500 (5/04)
- Sistemas gráficos o de visión
- Computadores
- Controles numéricos
- Dispositivos programables RS-232-C/RS-422

Red ControlNet: la red ControlNet™ es una red de control abierta que satisface las demandas de aplicaciones en tiempo real de alto rendimiento efectivo. ControlNet admite enclavamiento de controlador a controlador y control en tiempo real de E/S, variadores y válvulas. También proporciona conexión en red de control en aplicaciones discretas y de proceso, incluida aplicaciones de alta disponibilidad.

La Red ControlNet corresponde a una red determinística de alta velocidad usada para transmisión de información en aplicaciones donde el tiempo sea un factor crítico, manejando velocidades hasta de 5Mbps a una distancia máxima de 30Km. ControlNet es una red de fácil configuración y mantenimiento, combinando control de entradas/salidas y programación sobre el mismo medio físico. Además posee característica de Multicat y Redundancia.

Red DeviceNet: la red DeviceNet™ proporciona conexión en red de control e información abierta a nivel de dispositivo para dispositivos industriales simples. Admite la comunicación entre sensores y accionadores y dispositivos de más alto nivel tales como controladores programables y computadoras. Con alimentación eléctrica y señal en un solo cable, ofrece opciones de cableado simples y rentables.

Permite conectar hasta 64 nodos entre los cuales se pueden encontrar los siguientes dispositivos: Limit *switch*, sensores, arrancadores, lectores código de barras, variadores de velocidad e interfaces con el operador. Las velocidades de red varían entre 125K, 250K o 500Kbps, con longitudes de 100m, 250m o 500m dependiendo de las características del cable de comunicaciones.

Red EtherNet/IP: la red EtherNet/IP™ proporciona sistemas de red a nivel de toda la planta con el uso de tecnologías de conexión en red abiertas y estándar del sector. Permite control e información en tiempo real en aplicaciones discretas y de proceso continuo, lotes, seguridad, variadores, movimiento y alta disponibilidad. La red EtherNet/IP conecta dispositivos tales como arrancadores de motor y sensores a controladores, dispositivos HMI, entre otros, en la empresa. Admite comunicaciones no industriales e industriales en una infraestructura de red común.

Red de área local disponible directamente en PLC's avanzados tales como 5/20E, 5/40E, 5/80E y SLC500 5/05, permitiendo una velocidad de comunicación de hasta 10Mbps. A través de Ethernet se pueden conectar terminales de programación, módulos integradores piramidales, y software de supervisión tales como *Interchange*, *ControlView*, *RsView*, entre otros. Hasta la aparición del procesador 5/04 de la familia SLC 500, la DH+ era la red de control exclusiva para la familia PLC 5. Este procesador 5/04 posee además del puerto de red para DH-485 un puerto de red DH+ con lo cual se puede comunicar con los dos tipos de red de control de Allen Bradley.

2.3. Software RSLinx Classic y RSLogix 5000

Para los Controladores Programables Allen-Bradley, RSLinx es una solución general de comunicaciones en la fábrica. Proporciona al controlador programable Allen-Bradley acceso a una amplia variedad de aplicaciones Rockwell Software y Allen-Bradley, tales como RSLogix500, RSLogix Emulate y RSView. RSLinx OEM es el motor de comunicaciones para muchos productos de software, así como para productos desarrollados por terceros para usar el RSLinx.

La versión con todas las características de RSLinx realiza comunicaciones DDE a todos los productos que pueden actuar como clientes DDE (mediante el mejor formato DDE entendido por el cliente DDE: AdvanceDDE, CF_Text, XL_Table o FastDDE).

2.3.1. ¿Qué es RSLinx Classic?

Es un servidor de comunicación que proporciona una conectividad completa para una amplia variedad de aplicaciones de software.

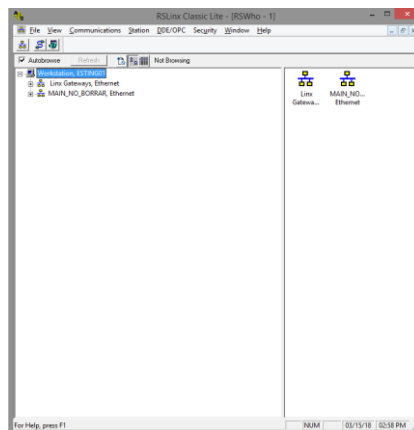
Permite que el controlador programable acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software. Entre estas aplicaciones se incluye desde aplicaciones de configuración y programación tales como RSLogix y RSNetWorx hasta aplicaciones HMI como RSView32, hasta sus propias aplicaciones de adquisición de datos mediante Microsoft Office o Visual Basic. Además, RSLinx Classic utiliza técnicas de optimización de datos avanzadas y dispone de una serie de diversos requisitos de función.

2.3.2. Herramientas

Al ejecutar el programa RSLinx Classic, tendremos acceso a una gama de configuraciones para los distintos dispositivos que conectan los diferentes módulos y opciones de comunicación de los PLC's de Allen Bradley. RSLinx es el software que permite la comunicación con un PLC.

Cuando se inicia RSLinx Classic, aparece la ventana de la aplicación RSLinx Classic de Rockwell Software.

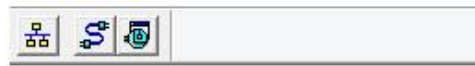
Figura 31. **RSLinx Classic Lite (RSWho)**






Fuente: elaboración propia.

Barra de herramientas: la barra de herramientas contiene accesos directos a varias de las funciones más utilizadas de RSLinx Classic. Cada botón de la barra de herramientas es una representación gráfica de un comando al que también se puede acceder desde la barra de menús de RSLinx Classic. La barra de herramientas de RSLinx contiene los siguientes ítems.

Figura 32. **Barra de herramientas RSLinx**



Icono	Selección del menú	Descripción
	Comunicaciones > RSWho	Abre una instancia adicional de RSWho (cada vez que abre RSLinx Classic, se abre una instancia de forma predeterminada).
	Comunicaciones > Configurar controladores	Muestra los controladores de software RSLinx Classic configurados actualmente y permite agregar controladores adicionales para usar con el dispositivo de hardware.
	Comunicaciones > Diagnósticos del controlador	Muestra una lista de controladores actualmente configurados y ofrece la posibilidad de ver información de diagnóstico para cada controlador.

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lnx-gr001_-es-e.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

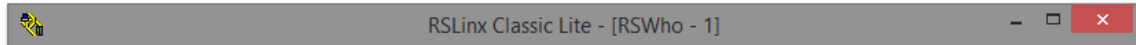
2.3.3. Funciones

Esta ventana contiene una barra de título, una barra de menús, una barra de herramientas, el área de trabajo de la aplicación donde se muestran las ventanas secundarias abiertas (RSWho, diagnósticos) y una barra de estado.

Barra de título: en la barra de título, aparece el icono RSLinx Classic, el nombre del producto de software, por ejemplo, RSLinx Classic Lite, el número

de instancias de RSWho (RSWho se abre de forma predeterminada al abrir RSLinx Classic) y los botones minimizar, maximizar y cerrar.

Figura 33. **Barra de título RSLinx**



Fuente: elaboración propia.

Para que aparezca el menú Control, haga clic en el icono RSLinx Classic de la barra de título. El menú Control contiene los siguientes temas:

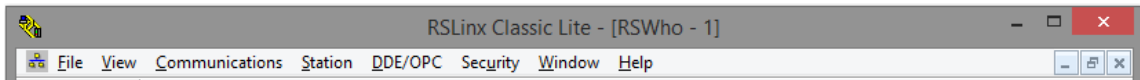
Figura 34. **Descripción barra de título de control RSLinx**

Ítem	Descripción
Restaurar	Restaura el tamaño original de una ventana cuando se le ha aumentado el tamaño con el control Maximizar o reducido, con el control Minimizar.
Mover	Permite ubicar la ventana en otro lugar del escritorio con las teclas de flechas del teclado.
Tamaño	Permite cambiar el tamaño de la ventana con las teclas de flechas del teclado.
Minimizar	Reduce el tamaño de la ventana transformándola en un icono que se ubica en la barra de tareas. Cumple la misma función que el botón Minimizar de la barra de título.
Maximizar	Aumenta el tamaño de la ventana a su tamaño máximo. Cumple la misma función que el botón Maximizar de la barra de título.
Cerrar	Sale de la aplicación RSLinx Classic. Cumple la misma función que el botón Cerrar de la barra de título.

Fuente:< http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lrx-gr001_-es-e.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

Barra de menú: la barra de menús de RSLinx Classic contiene los siguientes menús:

Figura 35. Barra de menú RSLinx



Fuente: elaboración propia.

Cada menú contiene opciones que sirven para realizar las siguientes tareas:

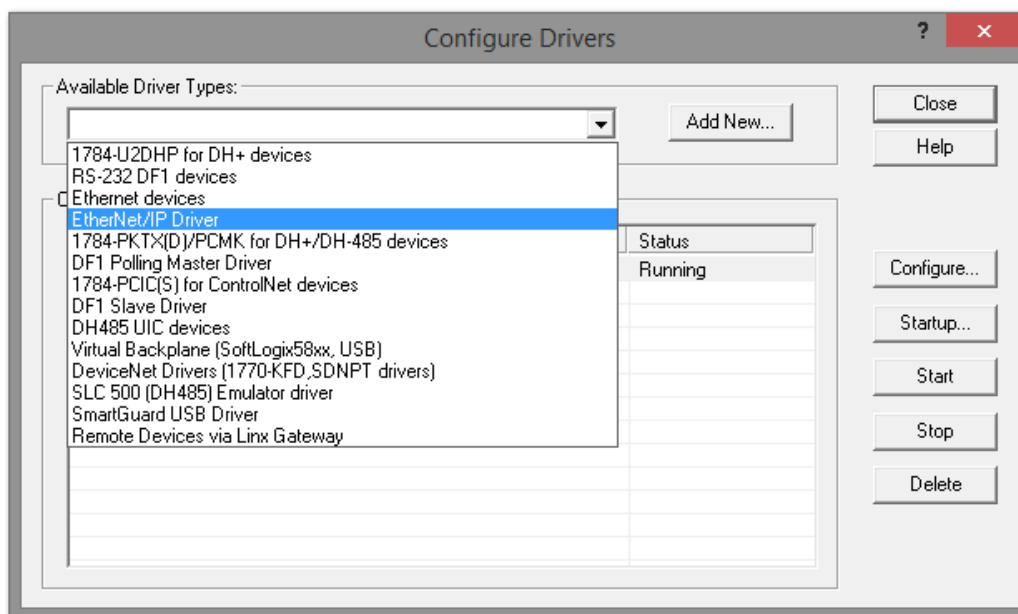
Figura 36. Descripción barra de menú RSLinx

Menú	Descripción
File	Crear y abrir proyectos de RSLinx Classic.
Edit	Copiar vínculos DDE y OPC al portapapeles.
View	Definir y cambiar pantallas de interfaz RSLinx Classic, abrir el Visor de eventos y seleccionar la vista RSWho.
Communications	Configurar controladores, temas y otras opciones de RSLinx Classic y visualizar el controlador, DDE y otros diagnósticos de aplicaciones cliente.
Station	Realizar tareas en contadores de diagnóstico y ver el Monitor de datos.
DDE/OPC	Configurar temas DDE/OPC y ver información acerca de eventos y diagnósticos.
Security	Establecer derechos de seguridad de acceso y usuario.
Window	Ordenar las ventanas de RSLinx Classic.
Help	Ver opciones de ayuda para RSLinx Classic y otros productos y servicios de Rockwell Software.

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lnx-gr001_-es-e.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

Configurar un controlador: un controlador es la interfaz de software para el dispositivo de hardware que se utilizará para establecer la comunicación entre RSLinx y su procesador. Para configurar un controlador en RSLinx Classic, seleccione Comunicaciones > Configurar controladores. Aparecerá el cuadro de diálogo Configurar controladores que permite agregar, editar o eliminar controladores. Seleccione el controlador que desea configurar de la lista “Tipos” de controlador disponibles, haga clic en “Añadir” nuevo y proporcione la información solicitada en el cuadro de diálogo de configuración del controlador que se visualiza. El cuadro de diálogo de configuración varía según el controlador seleccionado.

Figura 37. **Configurar un controlador**



Fuente: elaboración propia.

Una vez configurado, el nombre del controlador aparecerá en la lista controladores configurados.

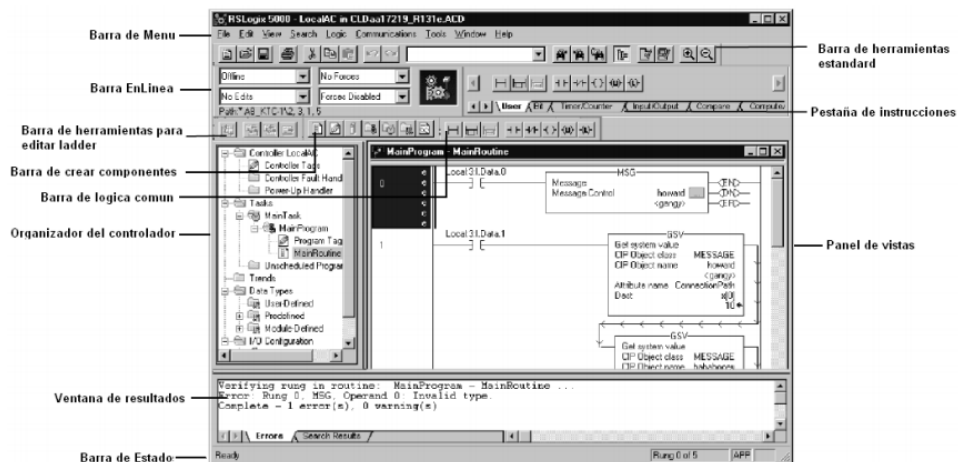
2.3.4. ¿Qué es RSLogix 5000?

Es el software que permite configurar, programar y supervisor el funcionamiento de los PAC's Logix como el ContolLogix y el CompactLogix. Proporciona la lógica de escalera, texto estructurado, diagrama de bloques de función secuencial y editores de diagramas de funciones para el desarrollo del programa, así como el apoyo para el modelo de equipos, estado de fase de lotes y control de máquinas.

2.3.5. Herramientas

Al abrir cualquier proyecto es necesario reconocer todas las características que se muestran en la ventana del RSLogix 5000.

Figura 38. Barra de herramientas RSLogix



Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>

[Consulta: marzo de 2018].

Barra de herramientas creación de componentes: esta barra de herramientas es para crear nuevos componentes del proyecto (por ejemplo, las etiquetas, las rutinas, programas).

Barra en línea: esta barra de herramientas muestra el estado del programa y del controlador. También indica el modo de funcionamiento y si existen cambios pendientes.

Barra de herramientas de la lógica común: esta barra de herramientas contiene todos los elementos de lógica *ladder* que no son instrucciones (por ejemplo, *rungs*, ramas), así como las instrucciones más utilizadas.

Barra de herramientas estándar: esta barra de herramientas contiene las funciones (por ejemplo, *cut*, *copy*, *paste*) que va a utilizar varias veces a medida que desarrolle y pruebe su programa.

Barra de herramientas editar *ladder*: esta barra de herramientas contiene toda la edición en línea de las funciones, así como algunas funciones comunes de edición.

Barra de herramientas con pestañas instrucción: esta barra de herramientas muestra las categorías de instrucciones en pestañas. Al hacer clic en una pestaña, la barra de herramientas muestra las instrucciones de esa categoría si hace clic sobre alguna instrucción aparecerá en el programa *ladder*.

Barra de estado: barra de estado para información de estado en curso del programa. El organizador del controlador - el organizador del controlador es una gráfica y representación de los contenidos de su proyecto.

Panel de vistas: la ventana principal del software RSLogix 5000 le ofrece con un marco en el que se pueden ver varios editores (por ejemplo, editor de ladder, editor de bloques de funciones).

La ventana de resultados: la ventana de resultados en la parte inferior de la ventana principal del RSLogix 5000 muestra después de haber realizado una operación los resultados o errores. Esta ventana le proporciona la información del estado y de los errores de la operación que está ejecutando.

La pestaña error: si se realiza una operación que resulta en un error, el error se destaca en la ventana de resultados.

2.3.6. Funciones

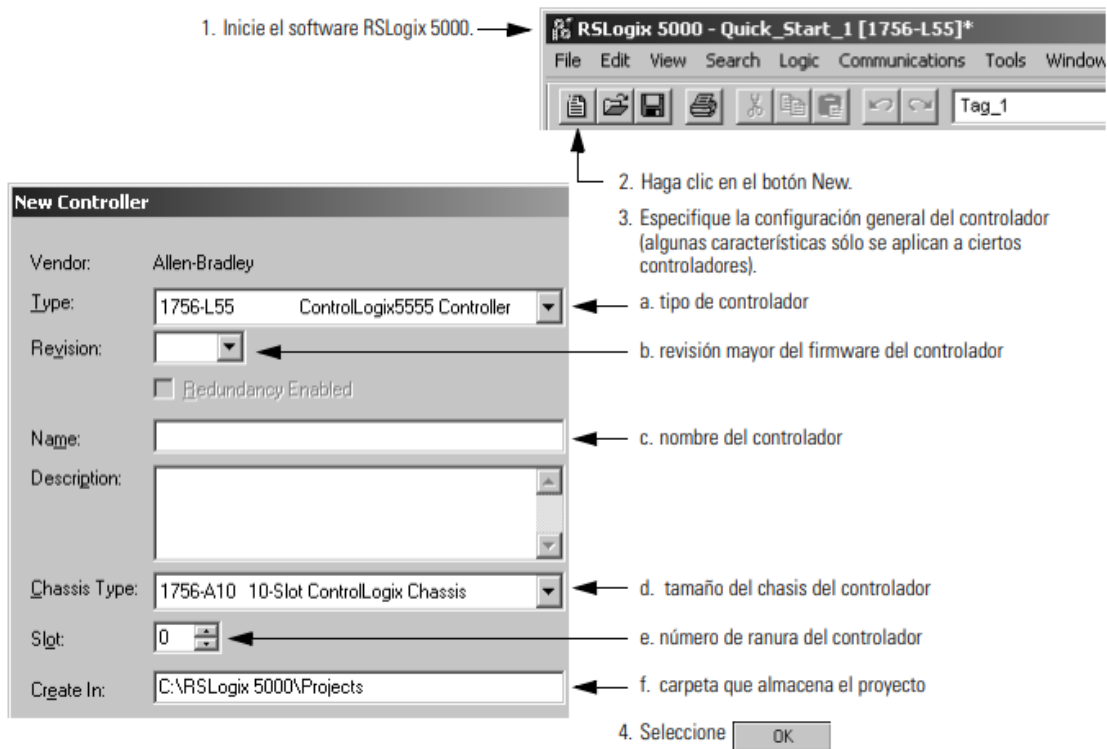
El software RSLogix 5000 está diseñado para programar controladores de la familia Logix 5000 y para la plataforma logix de Rockwell Automation. Utiliza varios tipos de lenguaje de programación como Escalera (*Ladder*), bloques de funciones (*Functions blocks*), texto estructurado (*structured text*) y esquemas de funciones secuenciales (*Sequential Function Chart*). Al abrir cualquier proyecto es necesario reconocer todas las características que se muestran en la ventana del RSLogix 5000.

Para configurar y programar un controlador Logix5000, debe utilizar el software RSLogix 5000 para crear y administrar un proyecto para el controlador.

Crear un Proyecto con RSLogix 5000: a lo largo de un proyecto Logix5000, usted define nombres para los distintos elementos del proyecto, como son el controlador, las direcciones de datos (*tags*), las rutinas, los módulos de E/S. Cuando introduzca los nombres, siga estas reglas:

- Sólo letras, números y caracteres de subrayado (_)
- Deben empezar con una letra o un carácter de subrayado
- ≤ 40 caracteres
- No utilice caracteres de subrayado consecutivo
- No se distingue entre mayúsculas y minúsculas

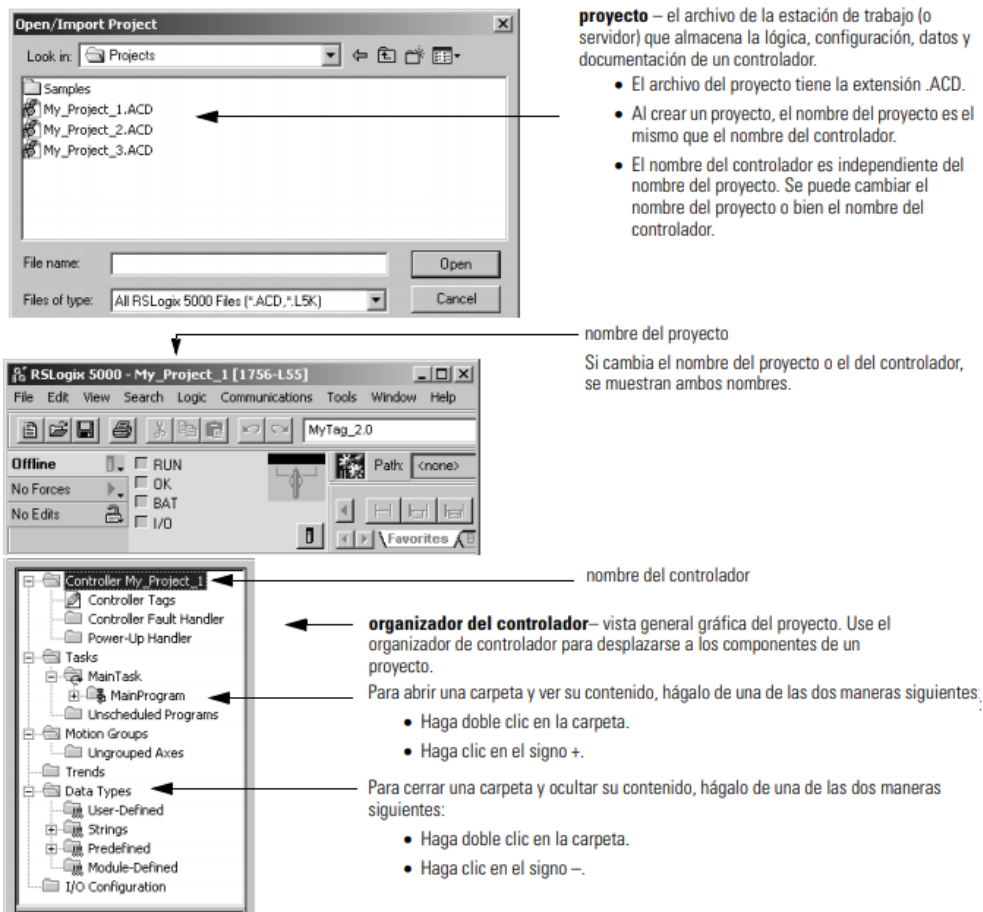
Figura 39. Creación proyecto en RSLogix 5000



Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
 [Consulta: marzo de 2018].

Al crear el proyecto, configurando el controlador y agregando los módulos de entrada y salida que se utilizan, el organizador del controlador se vería algo así:

Figura 40. **Creación de un proyecto para el controlador desde RSLogix 5000**

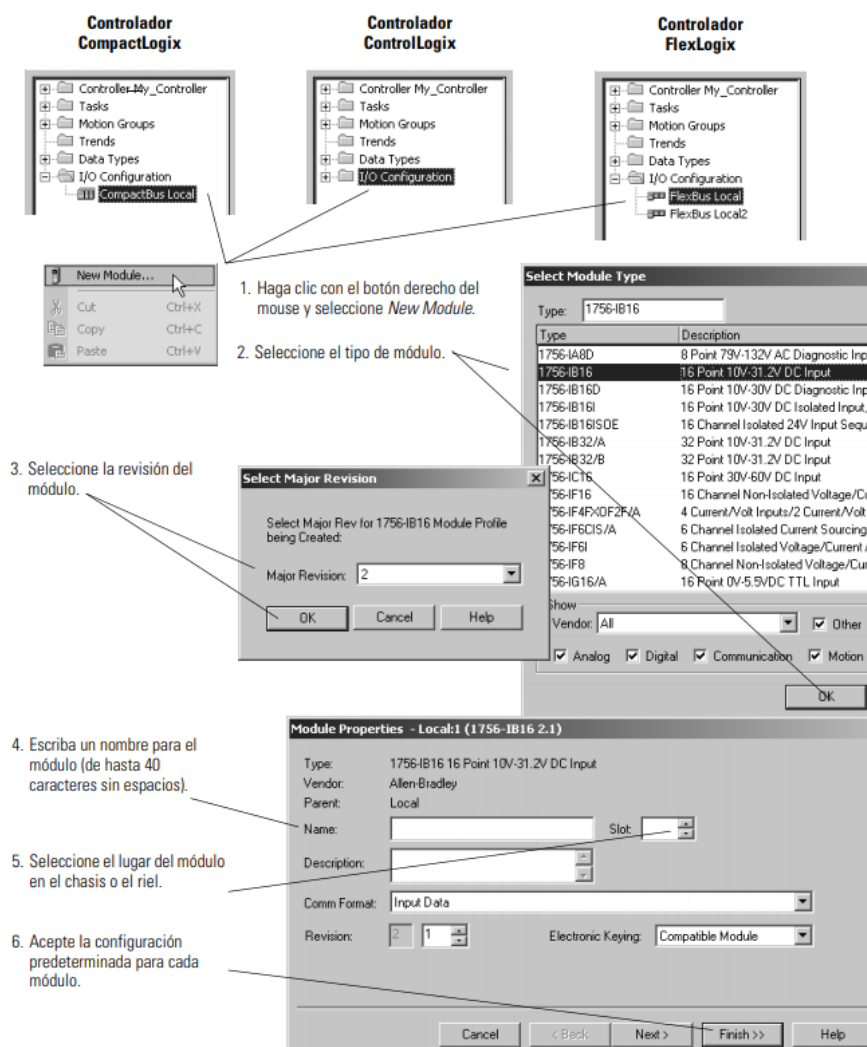


Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>

[Consulta: marzo de 2018].

Agregar módulos de entrada y salida: para establecer comunicación con los módulos de E/S en el sistema, debe añadir los módulos a la carpeta *I/O configuration* del controlador. Las propiedades que usted seleccione para cada módulo definen cómo se comporta el módulo.

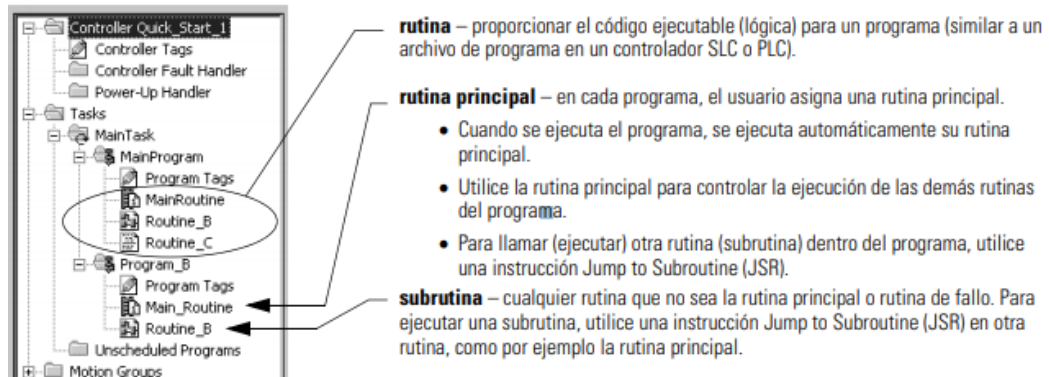
Figura 41. Añadir los módulos de E/S desde RSLogix 5000



Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

Introducción a la lógica ladder en RSLogix 5000: para un controlador Logix5000, se puede introducir la lógica en forma de rutinas.

Figura 42. **Introducción lógica de escalera**



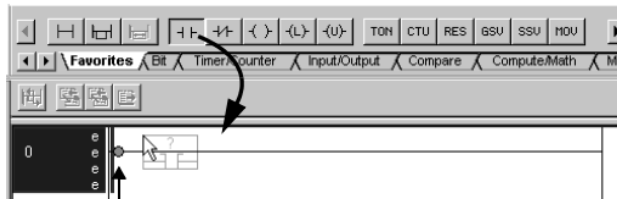
Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

Una manera de introducir la lógica es arrastrar los botones de una barra de herramientas al lugar deseado.

Figura 43. **Lógica de escalera**

Para añadir una lógica de escalera, arrastre el botón del renglón o instrucción directamente hacia el lugar deseado.

Puede introducir su lógica y dejar los operandos sin definir. Después de introducir una sección de la lógica, regrese y asigne los operandos.



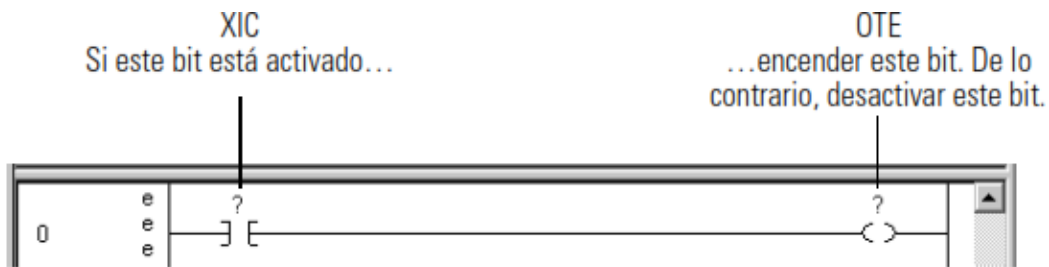
Un punto verde señala una ubicación válida (punto de colocación).

Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

En el ejemplo siguiente, una instrucción Examine If Closed (XIC) revisa el estado activado o desactivado de un botón pulsador.

Si el botón está activado, la instrucción *Output Energize* (OTE) enciende una luz.

Figura 44. **Ejemplo lógica de escalera**



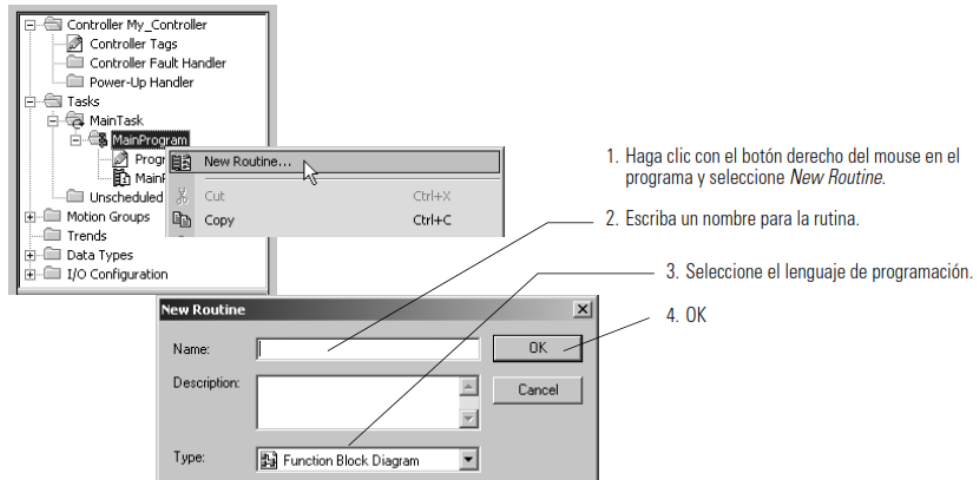
Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

Apertura de una rutina: cuando usted crea un proyecto, el software automáticamente crea una rutina principal que utiliza el lenguaje de programación de diagrama de lógica de escalera. Cada rutina en el proyecto utiliza un lenguaje de programación específico.

Creación de una rutina: cada rutina en el proyecto utiliza un lenguaje de programación específico.

Para programar en un lenguaje distinto, como un diagrama de bloque de funciones, hay que crear una nueva rutina.

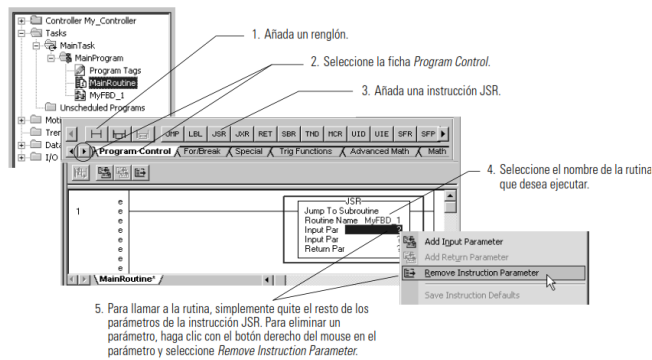
Figura 45. Creación de rutinas en RSLogix 5000



Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
 [Consulta: marzo de 2018].

Una vez creada la rutina de lenguaje de programación *ladder*, por ejemplo, se introduce la lógica: Para ejecutar una rutina que no sea la rutina principal, utilice una instrucción *Jump to Subroutine* (JSR) para llamar a la rutina.

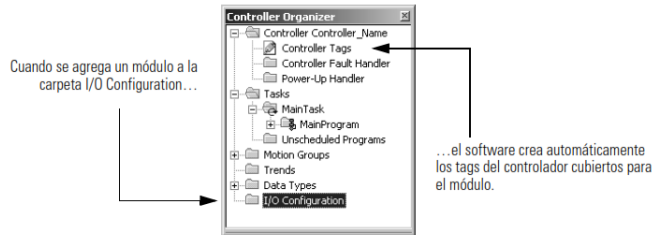
Figura 46. Ejecución de una rutina



Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
 [Consulta: marzo de 2018].

Asignación de *tags*: para asignarle *tags* a la lógica se debe tener en cuenta:

Figura 47. Información de E/S en conjunto de *tags*



Las direcciones de E/S tienen el formato siguiente:



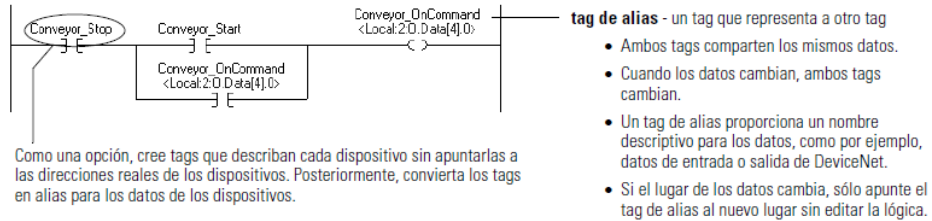
donde:	es:
<i>Ubicación</i>	Ubicación de red LOCAL = el mismo chasis o riel DIN que el controlador ADAPTER_NAME = identifica el adaptador de comunicaciones remoto o el módulo puente
<i>Ranura</i>	Número de ranura del módulo de E/S en su chasis o riel DIN
<i>Tipo</i>	Tipo de datos I = entrada O = salida C = configuración S = estado
<i>Miembro</i>	Los datos específicos del módulo de E/S; depende de qué tipo de datos puede almacenar el módulo. <ul style="list-style-type: none"> En los módulos digitales, un miembro de datos generalmente almacena los valores del bit de entrada o salida. En los módulos analógicos, un miembro de canal (CH#) generalmente almacena los datos de un canal.
<i>Submiembro</i>	Datos específicos relacionados con un miembro.
<i>Bit</i>	Punto específico en un módulo de E/S digital; depende del tamaño del módulo de E/S (de 0 a 31 para un módulo de 32 puntos)

Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>

[Consulta: marzo de 2018].

Aunque puede usar los *tags* de entrada y salida de un módulo directamente en la lógica, es mucho más fácil usar los *tags* de alias. Véase cómo se hace:

Figura 48. Asignación de *tags* de alias



1. Introduzca la lógica. 2. Escriba un nombre del tag para el dispositivo.

3. Haga clic con el botón derecho del mouse en el nombre del tag y seleccione *New...*

4. Seleccione el botón *Alias*.

5. Seleccione el tag que representa este tag de alias.

6. Seleccione el aislamiento del tag de alias.

7. Seleccione *OK*.

8. Seleccione la dirección de los datos. Para seleccionar un bit, haga clic en ▼.

Vea los tags del controlador cubiertos.

Fuente: <<http://www.rocatek.com/downloads/Como%20Programar%20un%20PLC.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

Una vez terminada la lógica con la asignación de *tags*, se debe llamar a la rutina creada desde la rutina principal, ya que esta es la que se ejecuta en todo momento.

2.4. Concepto de Ethernet/IP

Ethernet/IP ha sido diseñada para satisfacer la gran demanda de aplicaciones de control compatibles con EtherNet.

Esta solución estándar para la interconexión de redes admite la transmisión de mensajes implícita (transmisión de mensajes de E/S en tiempo real) y la transmisión de mensajes explícita (intercambio de mensajes).

EtherNet/IP es una red abierta que utiliza tecnología comercial ya existente, como:

- El estándar de vínculo físico y de datos IEEE 802,3.
- El conjunto de protocolos Ethernet TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/protocolo internet), estándar del sector para Ethernet.
- Protocolo de control e información (CIP), el protocolo que permite la transmisión de mensajes de E/S en tiempo real e información/transmisión de mensajes entre dispositivos similares.

2.4.1. Definición

EtherNet/IP, abreviatura de “Ethernet™ Industrial Protocol” (*Protocolo Industrial Ethernet*), es una solución abierta estándar para la interconexión de redes industriales que aprovecha los medios físicos y los chips de comunicaciones Ethernet comerciales. Si se tiene en cuenta que la tecnología Ethernet se utiliza desde mediados de los años setenta y su gran aceptación en todo el mundo, no es de extrañar que Ethernet brinde la mayor comunidad de proveedores del mundo.

Al utilizar la tecnología Ethernet, no solo sigue una tendencia tecnológica común actualmente, sino que, además, disfruta de la posibilidad de obtener acceso a datos en el nivel de los dispositivos mediante la Internet.

2.4.2. Protocolo Ethernet/IP

ETHERNET/IP (*Ethernet Industrial Protocol*) es un protocolo desarrollado por Rockwell Automation, manejada por la asociación ODVA (*Open DeviceNet Vendors Association*) y diseñada para uso en procesos de control y otras aplicaciones de automatización industrial.

- En 1990 – Primer PLC conectado a Ethernet – Allen-Bradley Pyramid Integrator PLC5/250.
- EtherNet/IP permite: Configurar, Concentrar y Controlar.
- EtherNet/IP ofrece interoperabilidad entre productos de diferentes fabricantes.
- EtherNet/IP = Ethernet estándar + CIP.

Ethernet/IP está diseñado a partir de un estándar ampliamente implementado y utilizado en DeviceNet y ControlNet, denominado protocolo de control e información (CIP). Este estándar organiza los mecanismos en red como una colección de objetos (o elementos) y define los accesos, atribuciones y extensiones con los cuales se puede acceder a una gama muy vasta de mecanismos mediante la utilización de un protocolo en común. Ethernet/IP está basado en un estándar ampliamente conocido y probado.

El protocolo de red industrial Ethernet (EtherNet/IP) es un estándar para la interconexión en redes abiertas que admite tanto la transmisión de mensajes en tiempo real de E/S (entrada/salida) como el intercambio de mensajes. La red

EtherNet/IP utiliza medios físicos y chips de comunicación Ethernet de uso corriente a nivel comercial. La capacidad EtherNet/IP de doble puerto incorpora la tecnología de interruptor directamente en el controlador de modo que el controlador pueda operar en topologías EtherNet/IP de anillo, en estrella o lineal.

Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Basado en los protocolos estándar TCP/IP, utiliza los ya bastante conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. Ethernet/IP clasifica los nodos de acuerdo a los tipos de dispositivos preestablecidos, con sus actuaciones específicas. El protocolo de red Ethernet/IP está basado en el protocolo de control e información (*Control and Information Protocol* - CIP) utilizado en DeviceNet™ y ControlNet™. Basados en esos protocolos, ethernet/IP ofrece un sistema integrado completo, enterizo, desde la planta industrial hasta la red central de la empresa.

Tecnología Ethernet/IP: Ethernet/IP utiliza todos los protocolos del Ethernet tradicional, incluso el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), el Protocolo Internet (IP) y las tecnologías de acceso mediático y señalización disponibles en todas las tarjetas de interfaz de red (NICs) Ethernet. Al basarse en los estándares tecnológicos Ethernet, el Ethernet/IP blasona la garantía de un cabal funcionamiento con todos los dispositivos del estándar Ethernet/IP utilizados en la actualidad. Y lo mejor es que al apoyarse en los estándares de esa plataforma tecnológica, el Ethernet/IP, con toda la seguridad, evolucionará de manos dadas con la evolución de la tecnología Ethernet.

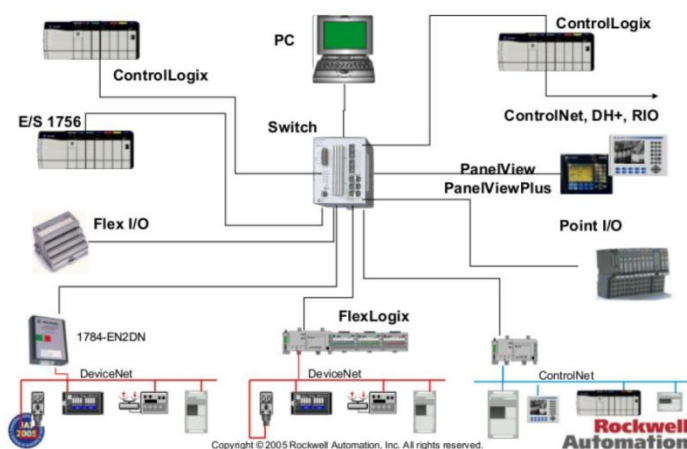
Las entidades que desarrollan el Ethernet/IP están trabajando juntas en la producción de un estándar completo y consistente. Esos trabajos se están

conformando con la participación de varios fabricantes, lo que abarca la definición de especificaciones mediante la aplicación de pruebas exhaustivas en laboratorios certificados.

Conectividad industrial a pie de fábrica: los productos tradicionales de conectividad a base de cobre o fibra, expuestos en condiciones más severas de polvo, temperatura, humedad, interferencias electromagnéticas o vibraciones pueden afectar el desempeño y la seguridad de la red perjudicándola.

En ambientes agresivos, en los que la exposición a algunos de esos elementos (o todos) es una constante, los enlaces normales de conexión Ethernet RJ-45 toma y clavija, se pueden corroer, desgastar, atascar con residuos y muy posiblemente, fallar. Al fin y al cabo, los usuarios tienen que hacer frente a altos costes de mantenimiento en las tareas de identificar los problemas y su consiguiente solución a base de recambios. Una nueva gama de conectores apta ofrece una conexión Ethernet lo suficientemente robusta para hacer frente a ambientes agresivos.

Figura 49. **Ejemplo EtherNet/IP**



Fuente: < <https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1114/1.pdf> > [Consulta: en marzo de 2018].

2.4.3. Estándares e implementación

Ethernet es el estándar de comunicación para redes de computadoras. Nace para solucionar el problema de que dos o más huéspedes utilicen el mismo medio y que las señales no se interfieran.

Ethernet funciona bajo el principio de acceso a los medios controlado por un mecanismo de detección de colisiones. Cada estación está identificada por una clave única o dirección MAC, que asegura que cada PC en una red Ethernet tiene una dirección diferente.

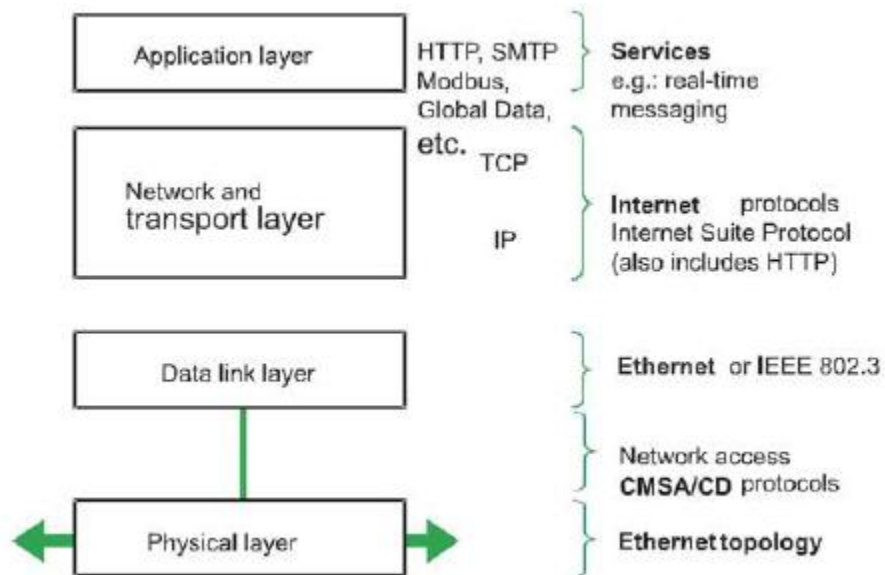
Esta tecnología conocida como *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD) asegura que solo una estación puede transmitir un mensaje en el medio a la vez. Las mejoras han dado lugar a la norma IEEE 802.3 que define las características de las capas físicas.

La manera como la información accede a la red y la trama de datos la define las capas complementarias.

La definición de las capas complementarias se detalla en los párrafos siguientes.

La figura 50 muestra estas capas y los protocolos.

Figura 50. **Topología Ethernet**



Fuente: < <http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/automatizacion-control/guia-soluciones-aut/guia-soluciones-aut-capitulo9.pdf> > [Consulta: marzo de 2018].

Cada una de las capas específica y describen características físicas de comunicación.

La capa física se refiere a todos los detalles relacionados como conectores, tipos de codificación y modulación, niveles de señal, longitud de onda, sincronización y distancias máximas.

La capa de conexión especifica el control de acceso al medio y como los paquetes de datos son transportados sobre la capa física en particular la estructura de la trama secuencia específica de bits al principio y al final de los paquetes.

La capa de red soluciona el problema de transporte de paquetes a través de una única red, las añadiduras de algunas funciones adicionales a esta capa, tales como el transporte de datos desde una red fuente hasta una red destinatario, lo que significa que los paquetes son transportados a través de una red de redes (Internet). Dentro de los protocolos de Internet, IP transmite paquetes de una fuente a un destinatario en cualquier lugar.

El transporte por IP es posible definiendo una dirección IP para asegurar y reforzar la unidad de cada una de estas direcciones. Cada estación es identificada por su propia dirección IP. El protocolo IP incluye además otros protocolos, como el ICMP usado para transferir mensajes de error de transmisión IP, y el IGMP que gestiona datos multicast. Los protocolos ICMP e IGMP se sitúan por encima del IP pero participan en las funciones de la capa de red.

La capa de transporte soluciona problemas como la fiabilidad del intercambio de datos, asegura que los datos lleguen en el orden correcto. Por tanto en TCP/IP, estos protocolos determinan a que aplicación debe entregarse cada paquete. El TCP proporciona un flujo de bytes fiable que garantiza la llegada de datos sin alteración y en orden, con retransmisión en caso de pérdida y eliminación de datos duplicados.

La capa de aplicación es donde se sitúan la mayoría de funciones de las aplicaciones de la red, ello incluye el HTTP (*World Wide Web*), el FTP (transferencia de ficheros), el SMTP (servicio de mensajería), el SSH (conexión remota segura), el DNS (búsqueda de correspondencia entre nombres y direcciones IP).

El protocolo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), se usa para transmitir páginas web entre un servidor y un navegador. Los servidores web integrados en los dispositivos de automatización *Transparent Ready* proporcionan un acceso fácil a los productos en cualquier parte del mundo a través de un navegador.

BOOTP/DHCP proporciona de forma automática los parámetros de las direcciones IP de los productos. Esto evita tener que encontrar la dirección individual de cada dispositivo prorrogando esta gestión en un servidor de direcciones IP dedicado. El protocolo DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) asigna de forma automática los parámetros de configuración de los dispositivos. DHCP es una extensión del BOOTP, el protocolo BOOTP/DHCP tiene dos componentes:

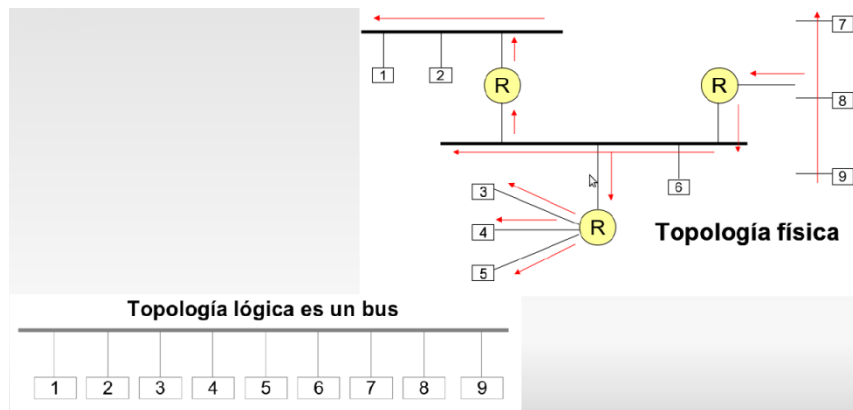
- Servidor que proporciona la dirección de red IP
- Cliente que solicita la dirección IP

La topología lógica de Ethernet depende de la forma en que fluyen las señales en el medio y puede ser diferente de la topología física. De igual forma es un solo canal que lleva las señales a todas las estaciones, cada segmento es una rama del sistema y aunque físicamente estén conectados como una estrella, lógicamente el sistema de señales Ethernet sigue siendo un bus.

Al ser Ethernet/IP, un protocolo basado en Ethernet que utiliza UDP e IGMP, es necesario proporcionar al perímetro de la red Ethernet/IP de todos los mecanismos de seguridad basados en Ethernet e IP. También se recomienda la monitorización pasiva de la red a fin de asegurar que el tráfico Ethernet/IP sólo se utiliza en equipos explícitamente identificados y no proviene del exterior de la red.

La representación tanto de la topología lógica y topología física, se puede observar en la figura 51.

Figura 51. **Topología física y lógica**



Fuente:< https://ecitydoc.com/download/ethernet-ip-2_pdf> [Consulta: marzo de 2018].

La implementación del modelo OSI para EtherNet/IP, utiliza IP (Internet Protocol) como protocolo de red, TCP para mensajes explícitos de carga y descarga de programas, instrucciones MSG.

UDP para mensajes explícitos de control, una de las ventajas de UDP es más rápido que TCP.

2.4.4. **Protocolo industrial común CIP**

Common Industrial Protocol (CIP) es un protocolo creado por la compañía ODVA para la automatización de procesos industriales.

CIP engloba un conjunto de servicios y mensajes de control, seguridad, sincronización, configuración, información, los cuales pueden integrarse en redes Ethernet y en Internet.

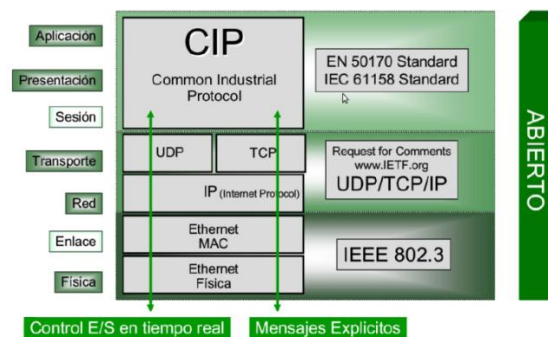
CIP cuenta con varias adaptaciones, proporcionando intercomunicación e integración a distintos tipos de redes.

Estas son:

- Ethernet/IP: adaptación de CIP a TCP/IP.
- ControlNet: integración de CIP con tecnologías CTDMA (*Concurrent Time Domain, Multiple Access*).
- DeviceNet: adaptación de CIP con CAN, *Controller Area Network*.
- CompoNet: adaptada a tecnologías TDMA, *Time Division Multiple Access*.

CIP ofrece una funcionalidad industrial, que permite configurar, conectar y controlar.

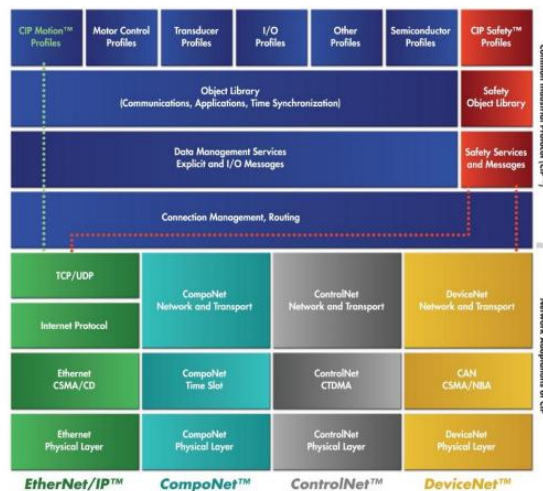
Figura 52. **Modelo OSI para EtherNet/IP**



Fuente: < https://ecitydoc.com/download/ethernet-ip-2_pdf > [Consulta: marzo de 2018].

La integración del modelo OSI con las diferentes familias de este protocolo, así como sus niveles de equivalencia se puede ver la figura 53.

Figura 53. Integración de la arquitectura CIP en el modelo OSI de red



Fuente: <https://www.certs.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/incibe_protocolos_seguridad_red_sci.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

CIP es un protocolo que sigue un modelo de objetos. Cada objeto está formado por atributos (datos), servicios (comandos), conexiones y comportamiento (relación entre los datos y los servicios). CIP cuenta con un extenso número de objetos para cubrir las comunicaciones y funciones típicas con elementos comunes en procesos de automatización, como dispositivos entrada/salida analógicos y digitales, HMI, controles de movimiento.

Para asegurar la intercomunicación, un mismo objeto CIP implementado en distintos dispositivos se comporta de forma idéntica, constituyendo lo que se denomina un «perfil de dispositivo». Así, cualquier dispositivo que adopte un

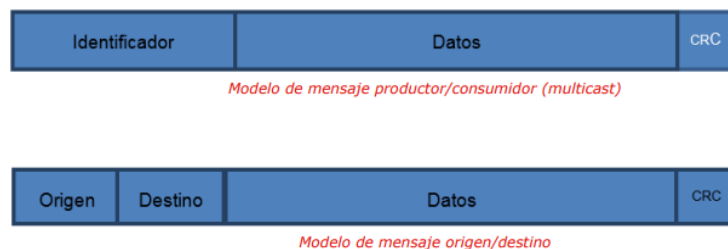
perfil, responderá de igual forma a los mismos comandos y mantendrá el mismo comportamiento de red que otro dispositivo con el mismo perfil.

Mensaje CIP: CIP sigue un modelo productor/consumidor. Este tipo de arquitectura, a diferencia de la tradicional origen/destino, es de tipo multicast. Es decir, los mensajes se ponen en circulación por un productor y son los distintos nodos consumidores de la red los que deciden si ese mensaje es para ellos o no en base a un campo identificador que acompaña a los mensajes.

De este modo, se puede discernir dos tipos de mensajes que se identifican con cada arquitectura:

- Mensajes implícitos (figura 54), que únicamente llevan un identificador en lugar de direcciones de origen o destino y son los nodos consumidores, basándose en ese identificador, los que saben si el mensaje les concierne a ellos y qué acción tomar en ese caso.
- Mensajes explícitos (figura 54), que contienen información de direcciones origen/destino de los dispositivos e información sobre una acción concreta como en un modelo IP.

Figura 54. **Mensajes explícitos CIP**



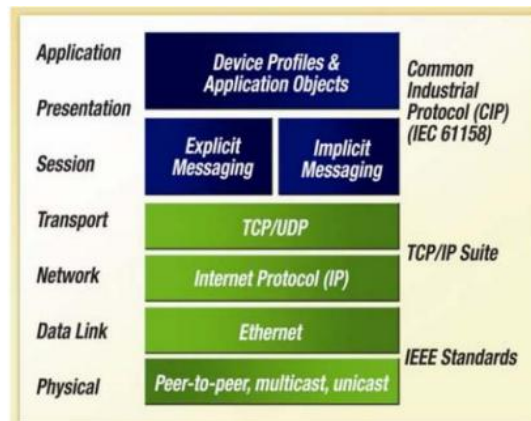
Fuente: <https://www.certs.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/incibe_protocolos_seguridad_red_sci.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

Algunas implementaciones de CIP, como Ethernet/IP o ControlNet también hacen usos de mensajes explícitos.

Implementación CIP Ethernet/IP: Ethernet/IP es pues, la adaptación de CIP al modelo de red Ethernet el cual va unido inherentemente a TCP/IP.

Por tanto, Ethernet/IP hace uso de la pila TCP/IP para todas las tareas de transporte y red, adaptando CIP para la capa de aplicación, como se puede ver en la figura 55.

Figura 55. **Integración de EtherNet/IP al modelo OSI**



Fuente: <https://www.certs.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/incibe_protocolos_seguridad_red_sci.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

Ethernet/IP como protocolo CIP, define dos métodos de conexión para su comunicación TCP/IP: mensajes explícitos, usando TCP e implícito (de entrada/salida) usando UDP.

Los mensajes explícitos siguen el patrón de conexión cliente-servidor o petición-respuesta. Entre ellos están los mensajes entre los PLC y los HMI, mensajes de diagnóstico, y transferencia de ficheros.

Los mensajes implícitos son aquellos críticos y se usan para comunicaciones en tiempo real, como la transmisión de datos y generalmente operan con direcciones *multicast* por eficiencia.

De este modo un mensaje cuyo destino son distintos dispositivos solo ha de mandarse una vez. Se transmiten usando el puerto UDP 2222.

A pesar de que CIP utiliza un modelo de objetos bien definido, no define ningún mecanismo ni implícito ni explícito de seguridad. Además, dispone de objetos obligatorios para la identificación de los dispositivos, lo que puede facilitar el descubrimiento de los equipos de la red, proporcionando objetivos a los atacantes.

Como también dispone de objetos de aplicación comunes para el intercambio de información entre dispositivos, un intruso es capaz de manipular gran variedad de dispositivos industriales manipulando y enviando ese tipo de objetos. Las características de algunos mensajes de CIP (tiempo real, mensajes *multicast*) son además incompatibles con el cifrado de las comunicaciones, por lo que CIP no incorpora mecanismos que lo permitan.

2.5. Normas de instalación cableado estructurado

A la hora de garantizar una infraestructura, instalación o proyecto de un sistema de cableado, hay que basarse en una serie de normas sobre cableado

estructurado, establecidas por una serie de organismos implicados en la elaboración de las mismas.

El cableado estructurado consiste en el tendido de cables en el interior de un edificio con el propósito de implantar una red de área local. Suele tratarse de cable de par trenzado de cobre, para redes de tipo IEEE 802.3. No obstante, también puede tratarse de fibra óptica o cable coaxial.

Es el sistema colectivo de cables, canalizaciones, conectores, etiquetas, espacios y demás dispositivos que deben ser instalados para establecer una infraestructura de telecomunicaciones genérica en un edificio.

Las características e instalación de estos elementos se deben hacer en cumplimiento de estándares para que califiquen como cableado estructurado.

El apego de las instalaciones de cableado estructurado a estándares trae consigo los beneficios de independencia de proveedor y protocolo (infraestructura genérica), flexibilidad de instalación, capacidad de crecimiento y facilidad de administración. El cableado estructurado consiste en el tendido de cables

Para la instalación en conductos se pueden utilizar diferentes diseños de cable: cable totalmente dieléctrico o cable con armadura metálica.

En cualquier caso deben tenerse en cuenta todas las precauciones sobre el manejo del cable, las cajas de empalme, el almacenamiento de la longitud sobrante del cable y la seguridad del personal.

2.5.1. Normas

Un sistema de cableado estructurado es la infraestructura de cable destinada a transportar, a lo largo y ancho de un edificio, las señales que emite un emisor de algún tipo de señal hasta el correspondiente receptor.

La norma garantiza que los sistemas que se ejecuten de acuerdo a ella soportarán todas las aplicaciones de telecomunicaciones presentes y futuras por un lapso de al menos diez años. Esta afirmación Puede parecer excesiva, pero si se tiene en cuenta que entre los autores de la norma están precisamente los fabricantes de estas aplicaciones.

ANSI/TIA/EIA-568-B: cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales sobre cómo instalar el cableado: TIA/EIA 568-B1 requerimientos generales; TIA/EIA 568-B2: componentes de cableado mediante par trenzado balanceado;

ANSI/TIA/EIA 568-B3: componentes de cableado, fibra óptica. Admite empalmes de fibra por fusión o mecánicos. En cualquiera de los casos, cada empalme no debe atenuar más de 0.3 dB

ANSI/TIA/EIA-569-A: normas de recorridos y espacios de telecomunicaciones en edificios comerciales sobre cómo enrutar el cableado.

ANSI/TIA/EIA 568-C.2: *balanced twisted-Pair cabling components* (Componentes de cableados UTP)

ANSI/TIA/EIA-570-A: normas de infraestructura residencial de telecomunicaciones.

ANSI/TIA/EIA-606-A: normas de administración de infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales.

ANSI/TIA/EIA-607: requerimientos para instalaciones de sistemas de puesta a tierra de telecomunicaciones en edificios comerciales.

ANSI/TIA/EIA-758: norma cliente-propietario de cableado de planta externa de telecomunicaciones.

Cableado horizontal, es decir, el cableado que va desde el armario de telecomunicaciones a la toma de usuario.

- No se permiten puentes, derivaciones y empalmes a lo largo de todo el trayecto del cableado.
- Se debe considerar su proximidad con el cableado eléctrico que genera altos niveles de interferencia electromagnética (motores, elevadores, transformadores, etc.) y cuyas limitaciones se encuentran en el estándar ANSI/EIA/TIA 569.
- La máxima longitud permitida independientemente del tipo de medio utilizado es $100\text{m} = 90\text{ m} + 3\text{ m usuario} + 7\text{ m patchpanel}$.

Cableado vertical, es decir, la interconexión entre los armarios de telecomunicaciones, cuarto de equipos y entrada de servicios.

- Se utiliza un cableado multipar UTP y STP, y también, fibra óptica multimodo y monomodo.
- La distancia máxima sobre voz, es de: UTP 800 metros; STP 700 metros; fibra MM 62.5/125um 2 000 metros.

El cumplimiento de estas normas sobre cableado estructurado, facilitará el correcto funcionamiento y rendimiento de la instalación, así como la reducción de riesgos innecesarios y potencialmente perjudiciales para el funcionamiento del sistema implantado.

2.5.2. Cableado estructurado

El cableado estructurado cobra real importancia en la actualidad, dado el vertiginoso desarrollo que han tenido las comunicaciones en los últimos años.

Por consiguiente, se puede definir un sistema de cableado estructurado como infraestructura de equipos, elementos de conexión, accesorios y cables que:

- Proporcionan una interconexión física entre todas las zonas de trabajo de un edificio.
- Se adapta a todos los requisitos de comunicación de un edificio (voz, datos, video, seguridad).
- Permite una fácil reconfiguración y se acomoda a nuevas necesidades de comunicaciones.
- Se diseña sin tener en cuenta el tipo de equipos de comunicación que se van a conectar.
- Brinda confiabilidad, flexibilidad y seguridad a los sistemas de comunicación del edificio.

Cables de red: el cable de par trenzado es el tipo más habitual utilizado en redes. El cable coaxial se utiliza cuando los datos viajan por largas distancias.

El cable de fibra óptica se utiliza cuando necesitamos que los datos viajen a la velocidad de la luz. Al conectar equipos para formar una red utilizamos cables que actúan como medio de transmisión de la red para transportar las señales entre los equipos. Un cable que conecta dos equipos o componentes de red se denomina segmento. Los cables se diferencian por sus capacidades y están clasificados en función de su capacidad para transmitir datos a diferentes velocidades, con diferentes índices de error. Las tres clasificaciones principales de cables que conectan la mayoría de redes son de par trenzado, coaxial y fibra óptica.

Cable de par trenzado: el cable de par trenzado (10baseT) está formado por dos hebras aisladas de hilo de cobre trenzado entre sí. Existen dos tipos de cables de par trenzado: par trenzado sin apantallar (*unshielded twisted pair*, UTP) y par trenzado apantallado (*shielded twisted pair*, STP). Éstos son los cables que más se utilizan en redes y pueden transportar señales en distancias de 100 metros.

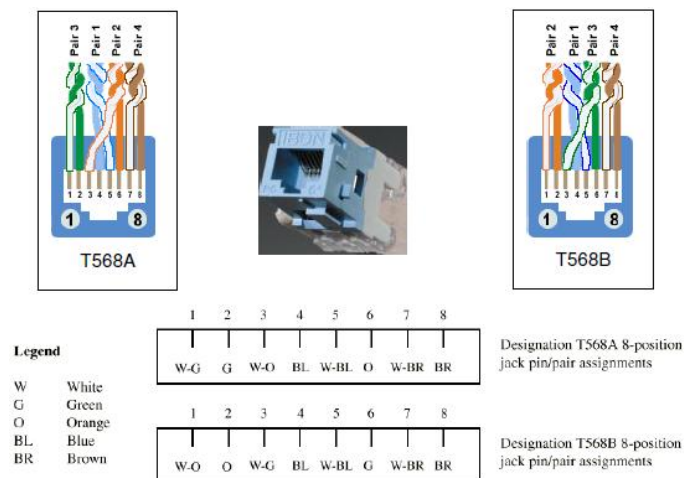
- El cable UTP es el tipo de cable de par trenzado más popular y también es el cable en una LAN más popular.
- El cable STP utiliza un tejido de funda de cobre trenzado que es más protector y de mejor calidad que la funda utilizada por UTP. STP también utiliza un envoltorio plateado alrededor de cada par de cables. Con ello, STP dispone de una excelente protección que protege a los datos transmitidos de interferencias exteriores, permitiendo que STP soporte índices de transmisión más altos a través de mayores distancias que UTP.

El cableado de par trenzado utiliza conectores Registered Jack 45 (RJ-45) para conectarse a un equipo.

Los cables UTP son terminados en los conectores de telecomunicaciones en “jacks” modulares de 8 contactos, en los que se admiten dos tipos de conexiones, llamados T568A y T568B. Esta denominación no debe confundirse con el nombre de la norma ANSI/TIA/EIA 568-A o ANSI/TIA/EIA 568-B, ya que representan cosas bien diferentes. La norma actualmente vigente es la ANSI/TIA/EIA 568-B, en la que se admiten dos formas de conectar los cables en los conectores modulares. Estas dos formas de conexión son las que se denominan T568A y T568B.

La siguiente figura indica la disposición de cada uno de los hilos en un cable UTP, para ambos tipos de conexiones:

Figura 56. Configuración cable UTP



Fuente:< <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

Categoría 5e: aplica a cables UTP de 100 Ω y sus componentes de conexión, para aplicaciones de hasta 100 MHz de ancho de banda. Se

especifican para esta categoría parámetros de transmisión más exigentes que los que aplicaban a la categoría 5

Los cables reconocidos para el cableado horizontal deben tener cuatro pares trenzados balanceados, sin malla (UTP = *Unshielded Twisted Pair*). Los conductores de cada par deben tener un diámetro de 22 AWG a 24 AWG (ver anexo 1 Conversión AWG – mm – mm²).

Las redes que utilizan cable están catalogadas en distintas adaptaciones. Las adaptaciones se nombran mediante un número que representa su velocidad de transmisión en megabits por segundo (Mbps), seguido de la palabra BASE. Al final del nombre puede haber un número que representa la longitud máxima del cable por segmento multiplicada por 100, o una letra que especifica el tipo de cable utilizado.

La siguiente tabla contiene las adaptaciones Ethernet más populares:

Tabla VIII. **Adaptaciones Ethernet más populares**

Denominación	Tipo de cable	Velocidad de transmisión	Distancia máxima de un segmento	Topología
10BASE-5	Coaxial	10 Mbps	500 m	Bus
10BASE-2	Coaxial	10 Mbps	185 m	Bus
10BASE-T	Par trenzado	10 Mbps	500 m	Estrella

Continuación de la tabla VIII.

100BASE-5	Par trenzado	100 Mbps	500 m	Estrella
10BASE-F	Fibra Óptica	10 Mbps	2 km	Estrella
100BASE-FX	Fibra Óptica	100 Mbps	2 km	Estrella
1000BASE-T	Par trenzado	1 Gbps	500 m	Estrella
1000BASE-LX/SX	Fibra Óptica	1 Gbps	2 km	Estrella

Fuente: <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-03-01_08-23-20116123.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

Cable de fibra óptica: el cable de fibra óptica utiliza fibras ópticas para transportar señales de datos digitales en forma de pulsos modulados de luz. Como el cable de fibra óptica no transporta impulsos eléctricos, la señal no puede ser intervenida y sus datos no pueden ser robados.

El cable de fibra óptica es adecuado para transmisiones de datos de gran velocidad y capacidad ya que la señal se transmite muy rápidamente y con muy poca interferencia. Un inconveniente del cable de fibra óptica es que se rompe fácilmente si la instalación no se hace cuidadosamente.

Es más difícil de cortar que otros cables y requiere un equipo especial para cortarlo.

El principio detrás de la guía de onda de dos capas es confinar la señal de luz dentro de la capa interior (núcleo), utilizando una capa exterior (*cladding*)

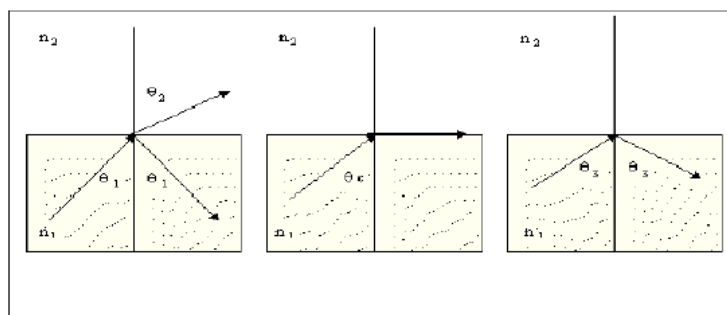
que reflejara la luz haciendo que ésta permanezca siempre dentro del núcleo. Este principio se basa en la “Ley de Snell”, que relaciona los ángulos de refracción de la luz en un cambio de medio con los índices de refracción de cada medio: n_1 n_2

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

n_1 y n_2 son los índices de refracción de cada medio. θ_1 es el ángulo de incidencia del haz de luz, proveniente del medio n_1 y θ_2 es el ángulo con el que sale el haz de luz en el medio n_2 . Seleccionando adecuadamente los índices de refracción ($n_1 > n_2$), se puede obtener un ángulo crítico θ_c a partir del cual toda la luz proveniente del medio n_1 es reflejada nuevamente hacia el medio n_1 . (En este punto $\theta_2 = 90^\circ$).

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Figura 57. **Ángulo crítico θ_c**



Fuente: < <https://ie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf> >

[Consulta: marzo de 2018].

Es decir, si el ángulo de incidencia del haz de luz proveniente de n_1 es mayor a θ_c , toda la luz es reflejada y, por lo tanto, se mantiene “confinada” dentro del medio n_1 . Este principio de funcionamiento es el fundamento de la transmisión por fibra óptica que se utiliza actualmente.

Un sistema de transmisión de fibra óptica tiene tres componentes básicos:

- Una fuente de luz o emisor óptico
- Un receptor óptico
- El medio óptico (fibra óptica)

Los cables de fibra óptica pueden ser descritos como guías de onda para la luz.

Son construidos con un núcleo de vidrio (o plástico para aplicaciones de distancias cortas) rodeado de un revestimiento también de vidrio (“*cladding*”) con índice de refracción menor al núcleo. Las fibras ópticas se categorizan en dos grupos:

- Fibras multimodo. La luz viaja dentro del núcleo de la fibra como una onda dentro de una guía de ondas. Las “ventanas” (longitudes de onda) y los materiales de las fibras se han elegido de manera que la luz forme “ondas estacionarias” dentro de la fibra. En fibras en las que el núcleo es suficientemente grande (del orden de los $50 \mu\text{m}$) pueden existir varias ondas estacionarias, cada una en un “modo” de oscilación. Este tipo de fibras se conocen como “multimodo”.
- Fibras monomodo. Las fibras monomodo se diferencian de las multimodo esencialmente en el diámetro del núcleo. A diferencia de las multimodo,

que tienen núcleos del orden de los 50 μm , los núcleos de las fibras monomodo son de 8 a 9 μm . Estos diámetros tan pequeños no permiten que la luz viaje en varios “modos”, sino que solo puede existir un camino dentro del núcleo. Al existir únicamente un modo, la dispersión modal es mínima, lo que permite tener un gran ancho de banda aún a distancias grandes.

Según el estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.3 Las cables de fibra óptica deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla IX. **Características de transmisión**

Características de transmisión			
Tipo de cable	Longitud de onda	Máxima atenuación (dB/km)	Mínima capacidad de transmisión de información (MHz . km)
Multimodo de 50/125 μm	850	3.5	500
	1300	1.5	500
Multimodo de 62.5/125 μm	850	3.5	160
	1300	1.5	500
Monomodo de interior	1310	1	N/A
	1550	1	N/A
	1310	0.5	N/A
	1550	0.5	N/A

Fuente: < <https://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf> >

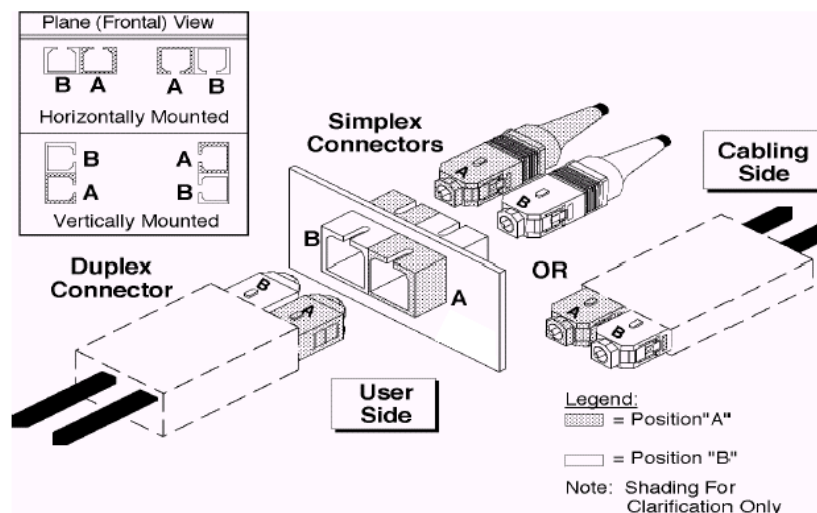
[Consulta: marzo de 2018].

Conectores: de acuerdo con estándar ANSI/TIA/EIA 568-B.3, los conectores para fibras multimodo deben ser de color beige. Los conectores para fibras monomodo deben ser de color azul. El estándar tomo como ejemplo el conector 568SC, pero admite cualquier otro que cumpla las especificaciones mínimas.

Los conectores de fibra utilizan 2 “hilos” de fibra (ya que la transmisión sobre fibra es generalmente unidireccional. Cada hilo de fibra se termina en un conector, que deben estar claramente marcados como “A” y “B” respectivamente.

Las cajas de conexión de fibra en las áreas de trabajo deben tener como mínimo 2 conectores, y deben permitir un radio de curvatura mínimo de 25mm.

Figura 58. Configuración de conectores 568SC



Fuente:< <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>>

[Consulta: marzo de 2018].

Los conectores típicamente utilizados son los siguientes:

- ST: *Straight Tip Bayonet Connector*

Figura 59. **Conector ST**



Fuente: < <https://ie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf> >
[Consulta: marzo de 2018].

- SC: *Subscriber Connector*

Figura 60. **Conector SC**



Fuente: < <https://ie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf> >
[Consulta: marzo de 2018].

- LC: Lucent Connector

Figura 61. **Conector LC**



Fuente: < <https://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>>
[Consulta: marzo de 2018].

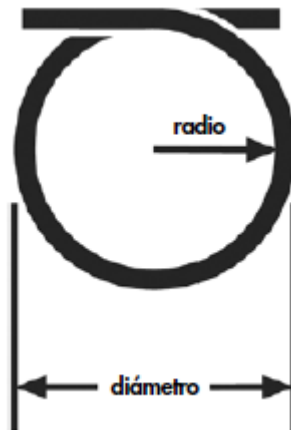
Los cordones de interconexión (o *patch-cords*) de fibra pueden ser dobles (es decir, de 2 hilos) o simples.

Los conectores de los extremos de los cables de fibra no deben atenuar más de 0,75 dB Existen cordones de interconexión que intercambian tipos de conectores (SC-LC).

Radio de curvatura: el radio de curvatura mínima especificada es el radio de curvatura estático (sin carga) del cable. Este es el radio mínimo al que se puede curvar o flexionar el cable sin degradar mecánicamente el rendimiento del mismo. La curvatura del cable de esta manera por lo general solo ocurre durante el empalme o formación final. Este también es el radio permitido para el almacenamiento.

Siempre consulte las especificaciones para el radio de curvatura adecuado. Si no excede el radio mínimo de curvatura o la tensión máxima de extracción, debería lograr una instalación adecuada.

Figura 62. **Radio de curvatura**



Fuente: < https://www.commscope.com/docs/fiber_optics_const_manual_co-107147_es-mx.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

El radio de curvatura de los cables durante el proceso de construcción se controla mediante técnicas de construcción y equipo. Los bloques de esquina y las guías de instalación tienen superficies de baja fricción que contribuyen mínimamente al aumento general de la tensión de tiro.

2.6. Tecnología de interruptor incorporado Ethernet/IP

La tecnología de interruptor incorporado EtherNet/IP ofrece topologías de red alternativas para interconectar dispositivos EtherNet/IP incorporando interruptores en los mismos dispositivos finales.

La tecnología de interruptor incorporado está diseñada para habilitar dispositivos finales para formar topologías de red lineal y en anillo.

Los productos con tecnología de interruptor incorporado EtherNet/IP tienen dos puertos para hacer conexión a una red lineal o DLR en una sola subred.

2.6.1. Red de anillo a nivel dispositivo DLR

Esta tecnología está desarrollada por la ODVA (<https://www.odva.org/>), que tras el desarrollo de pruebas de conformidad, publica las primeras especificaciones en noviembre de 2008, estando disponibles en el mercado los primeros productos con esta tecnología, en primavera de 2009.

Esta tecnología, permite disponer de las ventajas de una topología lineal y dar solución a la baja disponibilidad ante fallos entre nodos.

La topología en anillo y el protocolo DLR, proporcionan una alta disponibilidad en la red, al implementar la detección rápida de fallos de red y reconfiguración de la misma, esencial en los sistemas de control.

El protocolo DLR está destinado principalmente a dispositivos en Ethernet/IP que equipan dos puertos con tecnología de *switch* incorporada, no obstante, existen en el mercado soluciones para convertir en compatible a dispositivos con un solo puerto.

Este protocolo opera en la capa 2 (modelo OSI), por lo que es transparente a protocolos de capa superior, tales como TCP/IP y CIP, no obstante un dispositivo DLR dispone de interfaz de configuración y diagnóstico a través de CIP (*Common Industrial Protocol*).

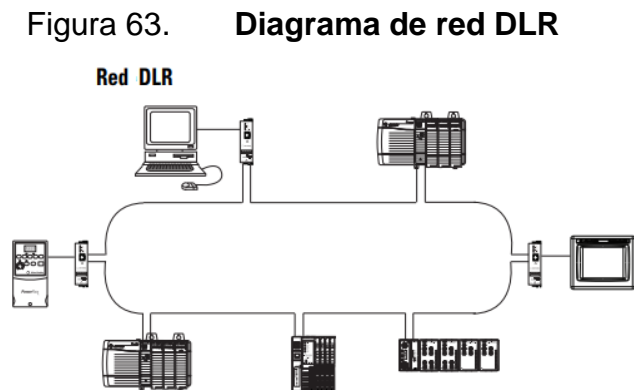
Una red DLR dispone de los siguientes dispositivos:

- Nodo supervisor
 - Nodo supervisor activo
 - Nodo supervisor de respaldo
- Nodo de anillo

Una red DLR es una red en anillo tolerante a un solo fallo diseñada para la interconexión de dispositivos de automatización.

Esta topología también se implementa a nivel de dispositivos. No se requieren interruptores adicionales

La figura 63 muestra el diagrama de una red DLR con sus respectivos elementos de red.



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/enet-ap005_-es-p.pdf > [Consulta: febrero 2018].

Las ventajas de la red DLR incluyen:

- Instalación simple
- Flexibilidad a un solo punto de fallo en la red

- Breve tiempo de recuperación cuando ocurre un solo fallo en la red

La principal desventaja de la topología DLR es el esfuerzo adicional requerido para configurar y usar la red, en comparación con una red lineal o en estrella.

El protocolo DLR proporciona redundancia al reconfigurar el anillo en una topología de línea. Por lo menos un dispositivo en el anillo se configura como un "supervisor de anillo", y su trabajo es mantener la circulación continua de los paquetes.

También es responsable de gestionar la recuperación del anillo. Todos los demás dispositivos están configurados como "anillo de nodos". Estos nodos deben responder a marcos periódicos llamados marcos *Beacon* o marcos *Announce*.

En anillos basados en *beacon*, el intervalo del marco proporciona la detección rápida de averías. En anillos basados en *Announce*, el intervalo de marco es más lento, así los tiempos de detección y recuperación de fallas son más lentos.

Una red DLR, tiene a su disposición *switches* Ethernet industrial que soportan el mecanismo de redundancia especificado Ethernet/IP *Device Level Ring* (DLR). Esto le permite el diseño de redes EtherNet/IP de alta disponibilidad en su instalación.

Sus ventajas:

- Máxima disponibilidad de la instalación mediante una conmutación prácticamente sin choques en menos de 3 ms al caer el medio gracias a la redundancia DLR integrada.
- Estructuras de red rentables, en las que pueden integrarse directamente varios participantes en un anillo DLR.
- Configuración y diagnóstico sencillos gracias al *common industrial protocol* (CIP) y a placas frontales pre configuradas a nivel de campo.
- Elevada estabilidad de la red gracias a las funciones de filtro IGMP *Snooping* y *Multicast*.
- Uso fiable en el entorno industrial gracias a la robusta carcasa de metal y al rango de temperatura ampliado.

La tecnología de redundancia utilizada en EtherNet/IP *Device Level Ring* permite una conmutación prácticamente sin choques en caso de caída del medio, para una máxima disponibilidad de la instalación. Gracias al tiempo de conmutación garantizado de menos de 3 ms el proceso de control no se ve afectado.

Con los *switches* gestionados tiene la posibilidad de integrar varios equipos no aptos para DLR mediante un *switch* en un anillo redundante.

2.6.2. Productos de *Rockwell Automation* con tecnología de interruptor incorporado

Entre los productos de Rockwell Automation con tecnología de interruptor incorporado que se pueden usar para construir una red DLR o lineal se encuentran los siguientes:

- Módulo de 2 puertos 1756-EN2TR ControlLogix: EtherNet/IP Permite conectar controladores ControlLogix, módulos de módulo de E/S y módulos de comunicación a la red DLR o lineal.
- Tomas 1783 EtherNet/IP: permiten conectar dispositivos no compatibles con la tecnología de interruptor incorporado a una red lineal o DLR. Cada toma utiliza un puerto de dispositivo en la parte frontal de la toma para conectar dispositivos no compatibles con la tecnología de interruptor incorporado a redes lineales o DLR. Las tomas tienen dos puertos de red para hacer conexión a redes lineales o DLR.

2.6.3. Elementos de la red DLR

Los elementos que conforman una red DLR son los siguientes:

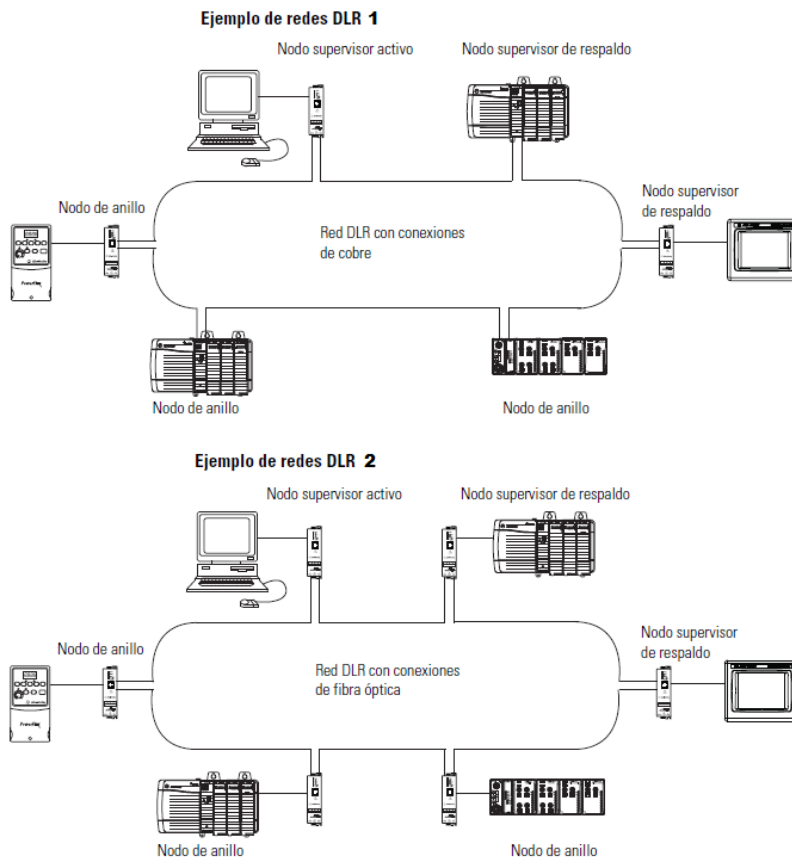
- Nodo supervisor activo
- Nodo supervisor de respaldo
- Nodo de anillo

Estos elementos son los que encontraremos en una red DLR, cuyo objetivo es desde incorporar dispositivos no compatibles con el protocolo DLR módulos 1783-ETAP1F, hasta supervisar o verificar la integridad del anillo, la

recuperación de un fallo único e información de diagnóstico del anillo. El protocolo DLR define los marcos y comportamientos asociados a un grupo de dispositivos en una red de control en anillo DLR.

La figura 64 muestra ejemplos de dispositivos conectados a una red DLR con conexiones de cobre y conexiones de fibra óptica. En el segundo ejemplo, todos los dispositivos están conectados a la red mediante una toma 1783-ETAP2F EtherNet/IP.

Figura 64. Ejemplos de redes DLR



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/enet-ap005_-es-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

Nodo supervisor de anillo activo: una red DLR requiere por lo menos que un nodo se configure como supervisor del anillo. Cuando existen múltiples nodos habilitados como supervisores, el nodo con el más alto valor numérico de precedencia se convierte en el supervisor de anillo activo; los otros nodos automáticamente se convierten en supervisores de respaldo. El supervisor de anillo proporciona las siguientes funciones primarias:

- Verifica la integridad del anillo
- Reconfigura el anillo para que se recupere de un fallo único
- Recolecta información de diagnóstico para el anillo

No todos los dispositivos pueden ser superiores activos, se hicieron mención de algunos dispositivos que pueden habilitarse como supervisores de anillo, se mencionaran a continuación que dispositivos de Rockwell pueden habilitarse como supervisores:

- Tarjetas de control logix, 1756-EN2TR y 1756-EN3TR.
- Tarjeta de compact logix, 1769-AENTR.
- Controladores compact logix 5730.
- Adaptadores 1783-ETAP, estos equipos permiten conectar dispositivos no compatibles con la tecnología de interruptor incorporado a una red lineal o DLR. Además las referencias 1783-ETAP1F y 1783-ETAP2F realizan conversión de medios (F.O.- cobre).

Nodo supervisor de respaldo: en la red DLR, solo habrá un supervisor activo, no obstante, se recomienda configurar al menos un nodo supervisor de respaldo, para que en caso de fallo del supervisor activo la red siga en funcionamiento, ya que el supervisor de respaldo asumiría las funciones de

supervisión del anillo, de esta manera se consigue más robustez de la red ante fallos.

Durante la operación normal, un supervisor de respaldo se comporta como un nodo de anillo. Si se interrumpe la operación del nodo supervisor activo, por ejemplo si éste experimenta una desconexión y reconexión de la alimentación eléctrica, el supervisor de respaldo con el siguiente valor de precedencia numéricamente más alto se convierte en el supervisor activo.

Si existen múltiples supervisores configurados, con el mismo valor de precedencia (valor predeterminado de fábrica es cero), el nodo con la dirección MAC numéricamente más alta se convierte en el supervisor activo.

En el caso anterior, cuando se configuraron con el mismo valor, el que asume la supervisión es el que dispone de una dirección MAC mayor. A continuación se anotan recomendaciones útiles para configurar un supervisor de respaldo:

- Configure por lo menos un supervisor de respaldo.
- Configure el supervisor de anillo activo deseado con un valor de precedencia numéricamente más alto comparado con los supervisores de respaldo.
- Haga el seguimiento de los valores de precedencia de supervisores de la red de todos los nodos habilitados con capacidad de supervisor.

Nodo anillo: es cualquier nodo que opera en la red, para procesar datos que se transmiten mediante la red o para pasar los datos al siguiente nodo de la red.

Cuando se produce un fallo en la red DLR, estos se reconfiguran por si solos y vuelven a aprender la topología de la red, además reportan las ubicaciones de los fallos al supervisor de anillo activo.

2.6.4. Función de red DLR

Una red DLR es una red en anillo tolerante a un solo fallo diseñada para la interconexión de dispositivos de automatización. Esta topología también se implementa a nivel de dispositivos.

No requiriendo interruptores adicionales. Crea redundancia, la tecnología de redundancia utilizada en EtherNet/IP *Device Level Ring* permite una conmutación prácticamente sin choques en caso de caída del medio, para una máxima disponibilidad de la instalación.

Gracias al tiempo de conmutación garantizado de menos de 3 ms el proceso de control no se ve afectado.

Durante la operación de red normal, un supervisor de anillo activo usa la baliza y otras estructuras del protocolo DLR para monitorear el estado de la red.

Los nodos supervisores de respaldo y los nodos de anillo monitorean las estructuras de baliza para hacer un seguimiento de las transiciones del anillo entre los estados normal, es decir todos los vínculos funcionando, y en fallo, es decir el anillo fracturado en un lugar por lo menos. Se pueden configurar dos parámetros relativos a la baliza:

- *Beacon interval*: frecuencia a la cual el supervisor de anillo activo transmite una estructura de baliza a través de sus dos puertos de anillo.

- El tiempo que los nodos supervisor de anillo esperan antes de que venza el tiempo de recepción de estructuras de baliza y para tomar la acción apropiada.

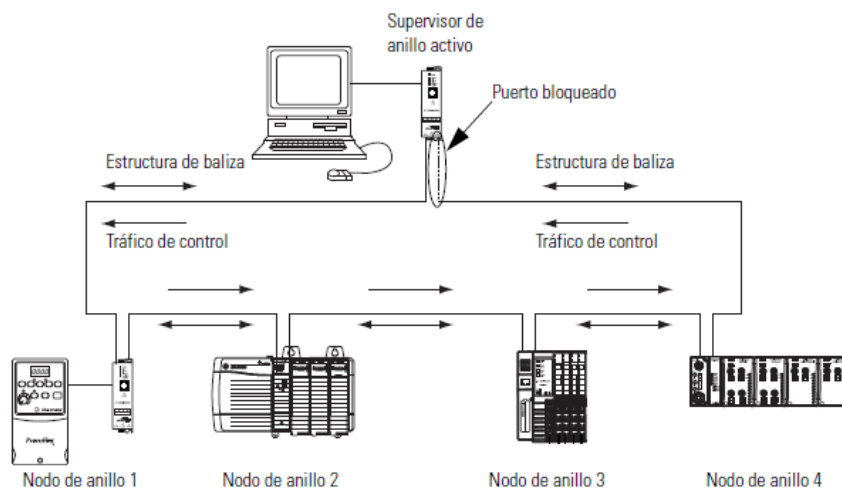
Estos parámetros afectan el rendimiento de recuperación de la red.

Durante la operación normal, uno de los puertos de red del nodo supervisor activo se bloquea para las estructuras del protocolo DLR.

Sin embargo, el nodo supervisor activo continúa enviando las estructuras de baliza mediante ambos puertos de red para monitorear el estado de la red.

La figura 65 muestra a continuación el uso de las estructuras de baliza enviadas desde el supervisor de anillo activo.

Figura 65. **Operación normal de red DLR**



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/enet-ap005_-es-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

2.6.5. Configuración de dispositivos en una red DLR

Para configurar un dispositivo en una red DLR se emplea los métodos del software RSLogix y RSLinx.

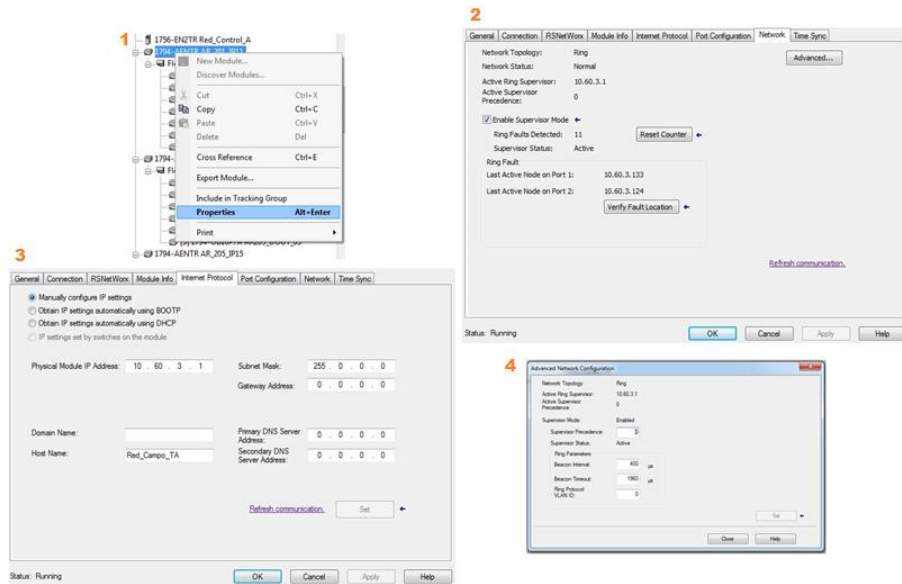
Cada dispositivo instalado en la red se puede acceder para configurarlo según sea necesario por medio de alguno de los dos programas ya mencionados, los pasos a efectuar son similares lo que permite optar por el método que más guste.

Cada método permite configurar una dirección IP, máscara de red, velocidad de comunicación, habilitar dispositivo como supervisor, asignar valores de precedencia a los nodos que son configurados como supervisores de anillo.

Método RSLogix: desde la herramienta de programación RSLogix se puede efectuar la configuración del dispositivo, accediendo al módulo que está en línea (para que se puedan realizar las configuraciones el módulo debe estar corriendo desde RSLogix).

Al momento de haber localizado el módulo se accede a sus propiedades, esto permite tener visualizar las fichas para configurar el módulo según se requiera. Ver figura 66.

Figura 66. Configuración de dispositivos método RSLogix



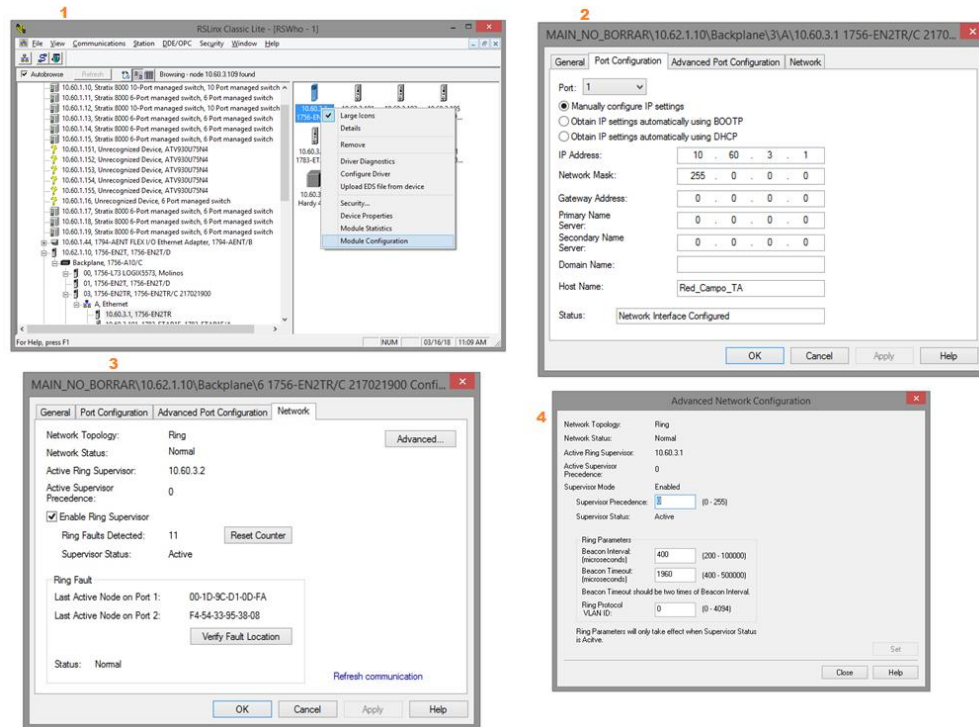
Fuente: elaboración propia.

La figura 66 muestra varios cuadros en los cuales se puede acceder para configurar los dispositivos anclados a la red según las necesidades, tales como nodo supervisor activo, nodo supervisor de respaldo y nodo de anillo.

Método RSLinx: desde la herramienta de comunicación RSLinx se puede efectuar la configuración del dispositivo.

Accediendo al módulo después de haberlo localizado se accede a la opción “*Module Configure*” del mismo, esto permite visualizar las fichas para configurar el módulo según se requiera. Ver figura 67.

Figura 67. Configuración de dispositivos método RSLinx



Fuente: elaboración propia.

2.6.6. Administración de fallos en la red

Es posible que algunas veces su red experimente fallos que evitan la transmisión normal de datos entre los nodos.

La red DLR puede proteger su aplicación contra las interrupciones resultantes de un fallo único.

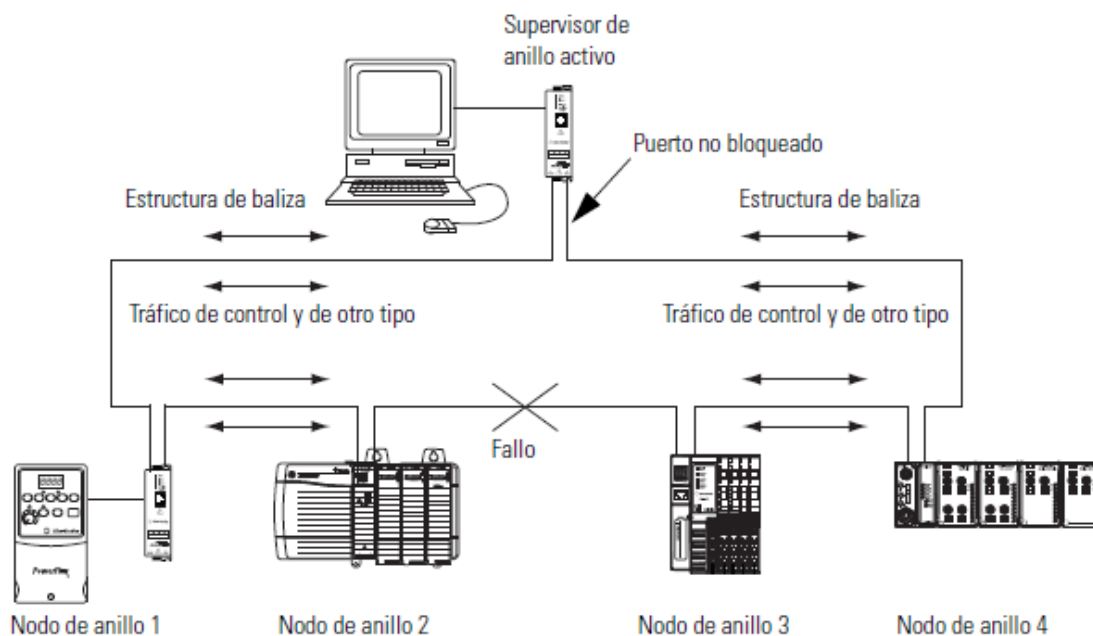
Para mantener la flexibilidad de su anillo, su aplicación debe monitorear el estado del anillo, ya que el anillo puede entrar en fallo mientras que todas las

funciones de la red de mayor nivel, tales como conexiones de E/S, están operando normalmente.

Después que se produce un fallo, el supervisor activo reconfigura la red para continuar enviando datos en la red.

La figura 68 muestra la configuración de la red después de un fallo, con el supervisor de anillo activo pasando tráfico mediante sus dos puertos, manteniendo así la comunicación en la red.

Figura 68. **Recuperación de la red después de un fallo**



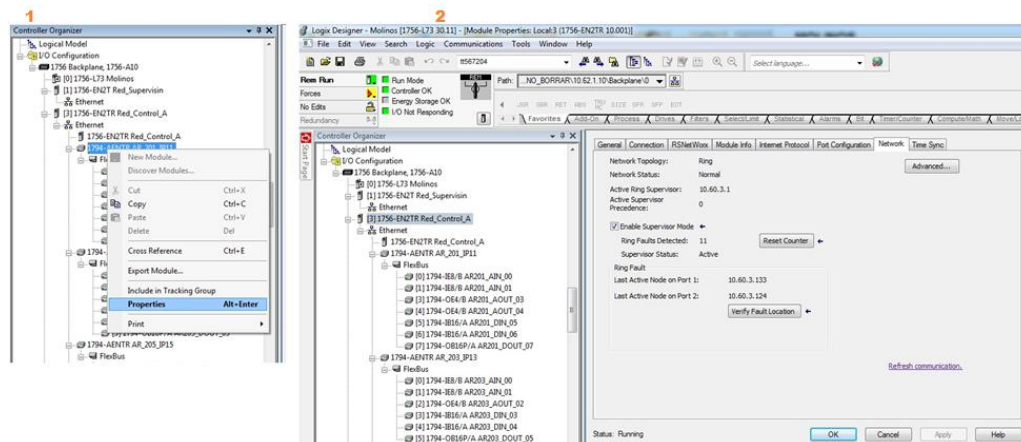
Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/enet-ap005_es-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

Se puede recuperar información de diagnóstico de la red monitoreando los dispositivos con capacidad de supervisor de red usando los siguientes métodos:

- Página de estado del software de programación RSLogix 5000
- Página de estado del software de comunicación RSLinx
- Página web del dispositivo
- Programáticamente mediante el uso de una instrucción MSG

Página de estado RSLogix 5000: al verificar que el proyecto esté en línea, se accede a las propiedades del nodo supervisor activo, se utiliza la ficha *Network* para monitorear los diagnósticos. Ver figura 69.

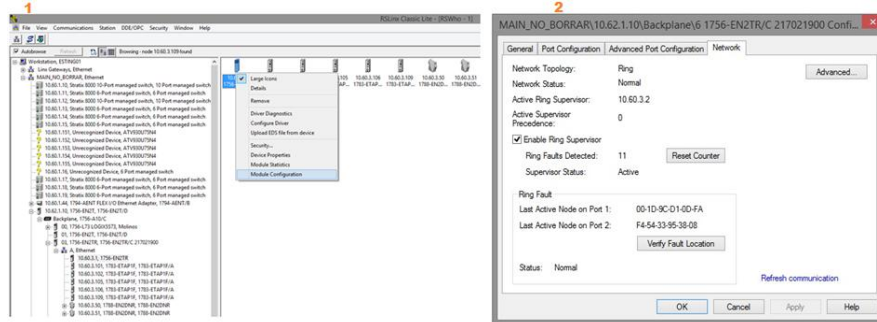
Figura 69. **Página de estado RSLogix 5000 para un supervisor activo**



Fuente: elaboración propia.

Página de estado RSLinx: al verificar y examinar la red por medio de RSWho, se accede a las páginas de propiedades del nodo supervisor activo. Se utiliza la ficha “*Network*” para monitorear los diagnósticos. Ver figura 70.

Figura 70. **Página de estado RSLinx para supervisor activo**

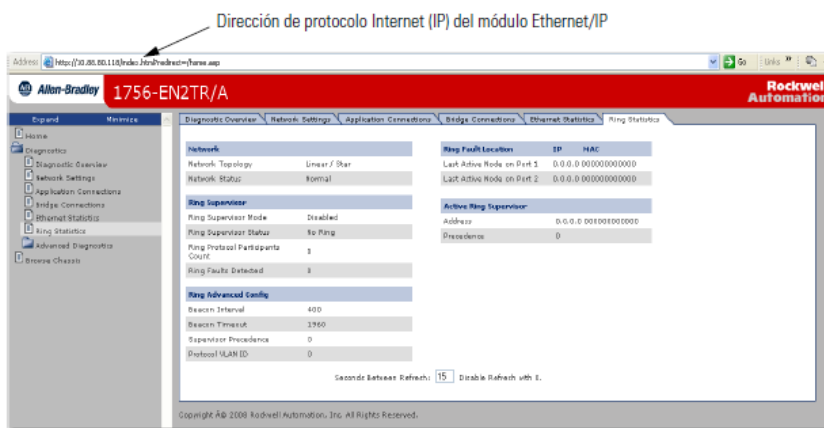


Fuente: elaboración propia.

Página web del dispositivo: para acceder al servicio web del dispositivo, se abre el navegador web y en el campo de direcciones se escribe la dirección del protocolo de Internet IP del módulo.

Se utiliza la ficha *Ring Status* para monitorear los diagnósticos, como los muestra la figura 71.

Figura 71. **Página web del dispositivo**



Fuente: elaboración propia.

3. DIAGNÓSTICO DE LAS INSTALACIONES

Los distintos elementos que participan en la red DLR del área de molinos, requieren una inspección y evaluación de dicha infraestructura con el objetivo de recopilar información para obtener un panorama amplio de dicha red.

Los aspectos por tomar en cuenta serán la evaluación de cada elemento participante, instalación de los medios de propagación, cumplimiento de normas de instalación, protecciones.

La recopilación de resultados del diagnóstico será nuestro punto de partida para el presente trabajo, proponiendo mejoras de rendimiento y disponibilidad de la red DLR.

3.1. Evaluación de la red DLR

Al momento de evaluar la infraestructura de la red DLR del área de molinos se puede constatar que módulos se utilizan en la red y como están conectados a la red, de igual forma se puede constatar la instalación de los medios de propagación.

A continuación presentaremos cada elemento de red, dando una breve explicación de cada elemento ya que se entrara en detalle en la siguiente etapa de este trabajo.

Debido a que el enfoque en esta sección es de analizar la infraestructura de la red y recopilar el estado de la red para aplicar mejoras en los segmentos donde se requiera.

Los elementos que se evaluarán en esta red DLR son:

- Nodo supervisor activo
- Nodo de red
- Medios de propagación

En la parte de hardware esta red DLR consta de un nodo supervisor activo y nodos de red, como se indicó anteriormente, el supervisor activo es un módulo de EtherNet/IP 1756-EN2TR, cuyo fabricante es Allen Bradley, es un módulo de red de puerto doble, conexión RJ45, montado en una ranura de un chasis ControlLogix.

La figura 72 muestra el módulo de red configurado como supervisor activo de la red DLR, montado en su chasis con sus respectivas conexiones.

Figura 72. **Módulo de red 1756-EN2TR instalado en su chasis**



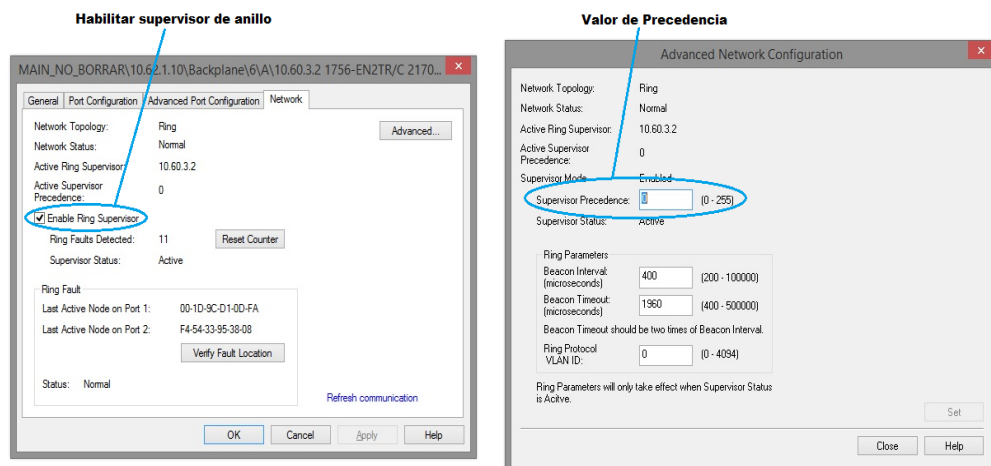
Fuente: Pantaleón S.A.

Como se mencionó anteriormente este módulo es el único supervisor de la red, con la ayuda de RSLinx se puede ver cómo está configurado este módulo y por ser el único supervisor de red, tiene un valor de precedencia de cero. Este valor permite establecer quién es el supervisor activo si existen más módulos en la red configurados como supervisores.

Un valor alto de precedencia con respecto a los otros valores de precedencia de los otros supervisores establece quien es el supervisor activo de la red y el resto de módulos habilitados como supervisores pasaran a ser supervisores de respaldo de la red.

La figura 73 muestra las configuraciones de dicho módulo visto con la ayuda de RSLinx.

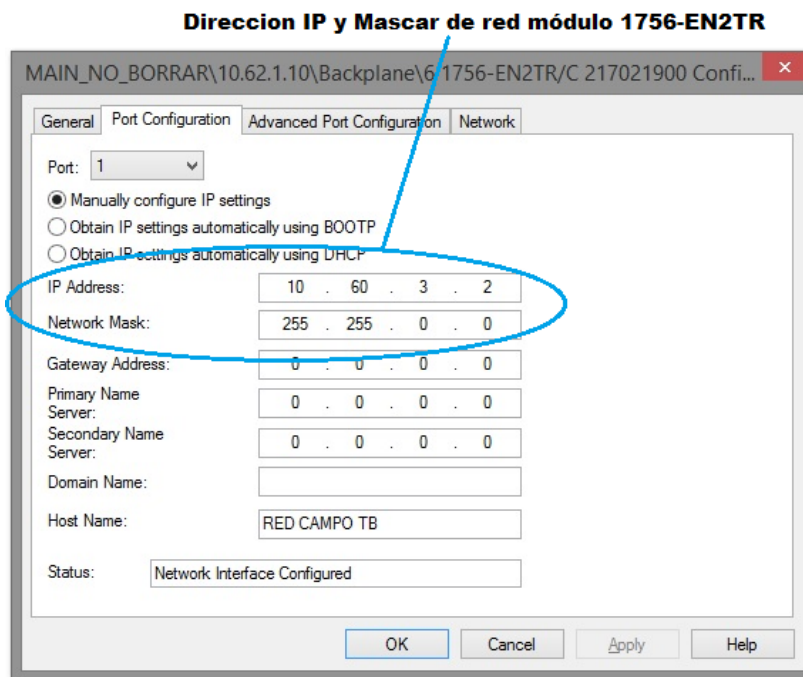
Figura 73. Configuración módulo 1756-EN2TR visto en RSLinx



Fuente: elaboración propia.

La figura 74 muestra la dirección IP que este módulo tiene asignada para la red, este módulo pertenece a la red del tándem B.

Figura 74. Dirección IP y máscara de red del módulo de red 1756-EN2TR



Fuente: elaboración propia.

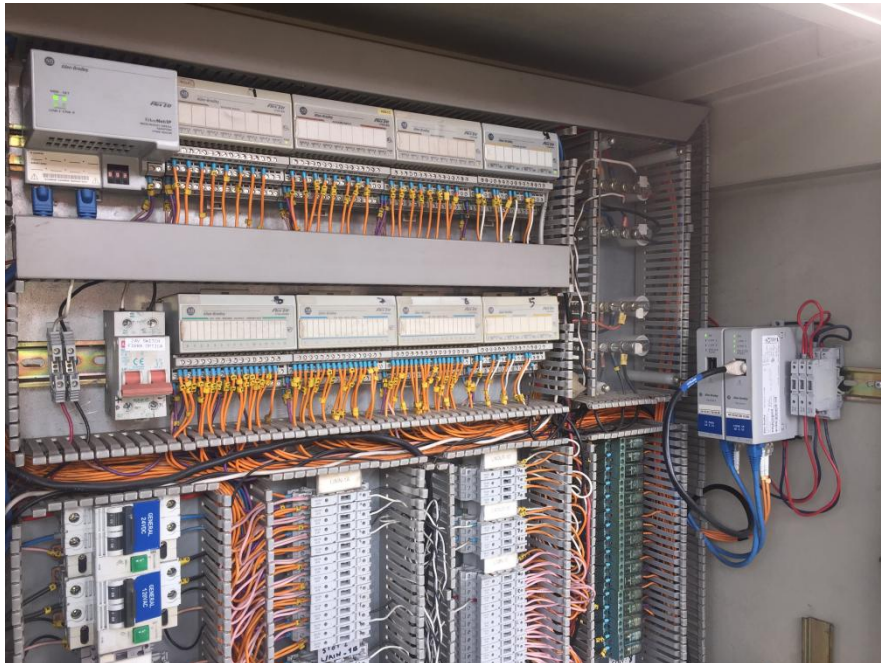
Siguiendo con la evaluación de los dispositivos que se utiliza en la red DLR tenemos el nodo de anillo que es el módulo 1783-ETAP1F, cuyo fabricante es Allen Bradley.

Es una tarjeta de comunicaciones compatible con Ethernet/IP con tecnología de *switch* incorporado, que cuenta con un puerto RJ45 para conecta un dispositivo no compatible con el protocolo DLR e incorporado a dicha red

DLR, un puerto del dispositivo *Device Port* y un puerto de red de fibra óptica que conecta el módulo a una red DLR.

La figura 75 muestra los módulos ETAP instalados en su respectivo armario el cual se encuentra en el área de la desfibradora y el conductor del tándem B.

Figura 75. **Módulos ETAP instalados en campo**



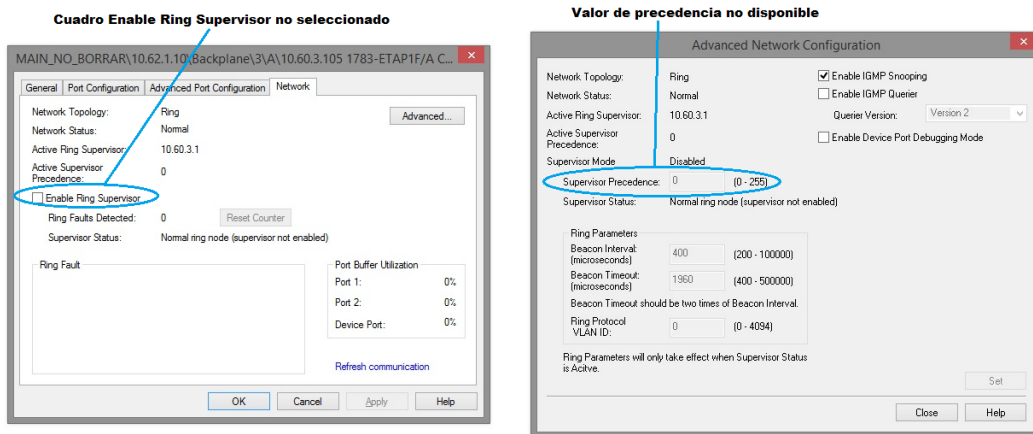
Fuente: Pantaleón S.A.

Debido a que este módulo permite utilizar el puerto frontal *Device Port* para incorporar dispositivos compatibles con Ethernet, en la infraestructura de red se utilizan algunos módulos ETAP y se instalan tal y como se muestra en la figura 75.

Por ser este un nodo de anillo no está seleccionado el cuadro Enable Ring Supervisor, por consiguiente la opción para colocar un valor de precedencia no está disponible.

En la figura 76 utilizando RSLinx se puede observar las configuraciones de red del módulo ETAP.

Figura 76. Configuración módulo ETAP visto desde RSLinx



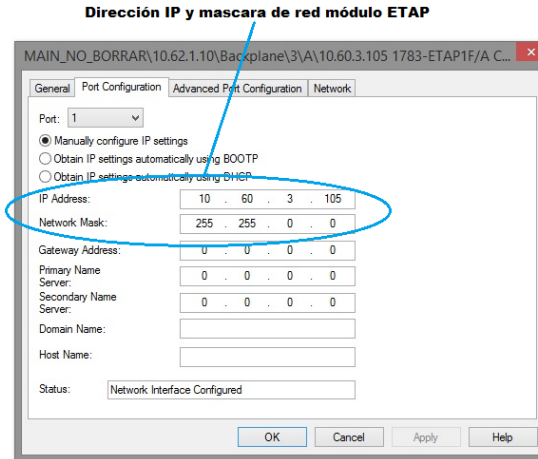
Fuente: elaboración propia.

Los módulos ETAP cuentan con características importantes tales como habilitar supervisor de anillo y otras opciones importantes que permiten incrementar su rendimiento, se verá con más detalle en secciones posteriores.

En la figura 77 se muestra la dirección IP y mascar de red del módulo ETAP.

Las direcciones IP de todos los nodos participantes de la red no se ilustrara ya que no es el objetivo de este proyecto.

Figura 77. Dirección IP y máscara de red módulo ETAP



Fuente: elaboración propia.

Conociendo las principales configuraciones de los dispositivos de hardware, se detallará el número de elementos en la red DLR, cuya infraestructura supervisa el proceso del tándem A y B, la Tabla X y XI, especifica los elementos que se utilizan en la red DLR que opera en el área de molinos.

Tabla X. Elementos de red tándem B

TANDEM B		
Elemento	Cantidad	Tipo de Elemento de red
1783-ETAP1F	23	Nodo de anillo (elemento de red DLR)
1783-ETAP2F	1	Nodo de anillo (elemento de red DLR)
1756-EN2T	1	Módulo de red
1756-EN2TR	1	Módulo de red DLR Supervisor Activo
1756-L73	1	Controlador tándem A y B

Fuente: Pantaleón S.A.

Tabla XI. **Elementos de red tándem A**

<i>TANDEM A</i>		
Elemento	Cantidad	Tipo de Elemento de red
1783-ETAP1F	18	Nodo de anillo (elemento de red DLR)
1783-ETAP2F	1	Nodo de anillo (elemento de red DLR)
1756-EN2T	1	Módulo de red
1756-EN2TR	1	Nódulo de red DLR Supervisor Activo
1756-L73	1	Controlador tándem A y B

Fuente: Pantaleón S.A.

Se puede observar que los elementos que pertenecen a la red DLR y de los cuales estamos evaluando son el supervisor activo y nodos de anillo, estos módulos son los encargados de recopilar la información proveniente de campo para enviar estos datos al cuarto de control y estaciones de trabajo.

Este tipo de interacción es primordial en la supervisión del proceso de extracción de jugo en el área de molinos, tomando esto como referencia proseguimos con la evaluación de los elementos involucrados en esta tarea.

Medios de propagación: el medio de propagación para esta red es por fibra óptica que conecta todos los módulos ETAP entre sí, a su vez los ETAP incorporan dispositivos compatibles con Ethernet por medio de conexiones RJ45.

El nodo configurado como supervisor activo 1756-EN2TR que está instalado en un chasis ControlLogix utiliza conexiones RJ45, este se conecta a un módulo ETAP utilizando cable de red cat5e, este módulo ETAP conecta la siguiente etapa a otro módulo ETAP por medio de fibra óptica como se

mencionó anteriormente, así sucesivamente hasta completar el anillo. En la última etapa antes de cerrar el anillo un módulo ETAP se conecta al mismo módulo de red 1756-EN2TR supervisor de anillo utilizando cable de red.

3.2. Diagrama de red DLR

A continuación, se presenta un diagrama de la red DLR que se está evaluando, los elementos que participan en la red fueron descritos en la sección anterior (ver tablas XI y XII).

Cabe mencionar que existen otros protocolos de red que son los encargados de supervisa elementos que contribuyen a la extracción de jugo, tales como los protocolos DeviceNet, Profibus, pero no se analizaran debido a que no forman parte de la red DLR.

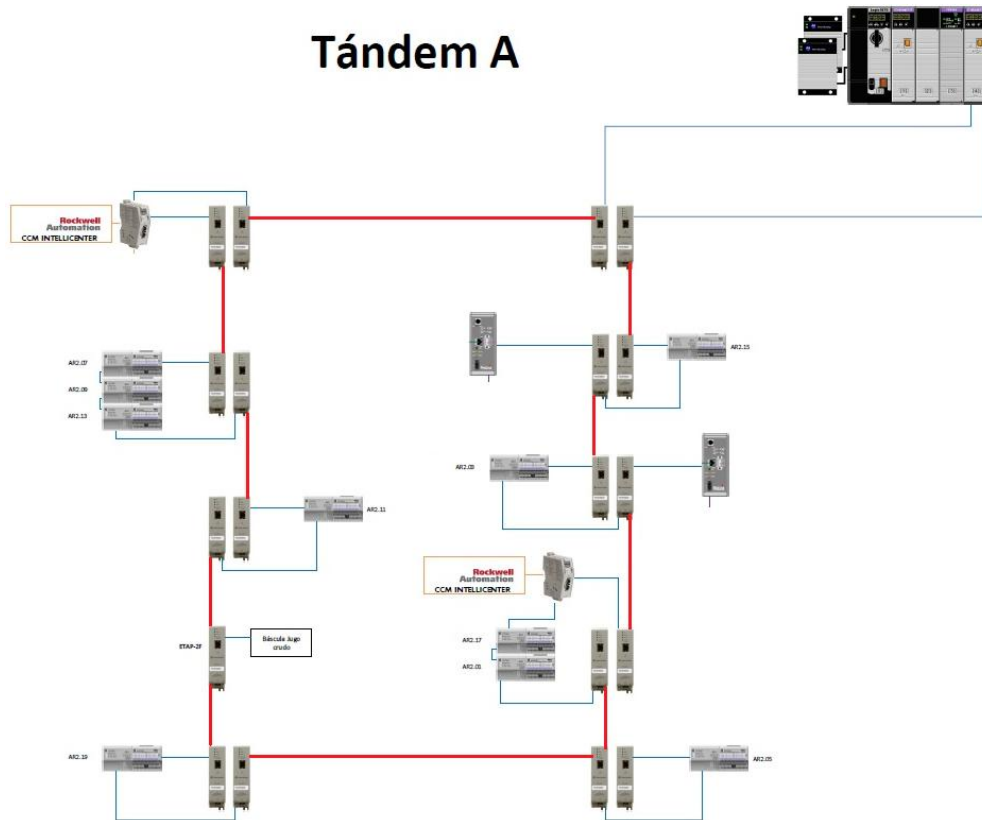
Las figuras 78 y 79 muestran los distintos diagramas de red DLR pertenecientes al tándem A y B respectivamente.

Es sabido que en los tramos largos se utiliza fibra óptica, y que los dispositivos ETAP incorporan elementos Ethernet a través de cables UTP.

Para identificar tramos de fibra óptica en los diagramas cabe mencionar que en dichos diagramas las líneas que resaltan más, son las de fibra óptica.

Este diagrama permite ubicar fácilmente los dispositivos de red a lo largo de la trayectoria de la red, con el objetivo de seleccionar que dispositivo configuraremos como supervisor de respaldo.

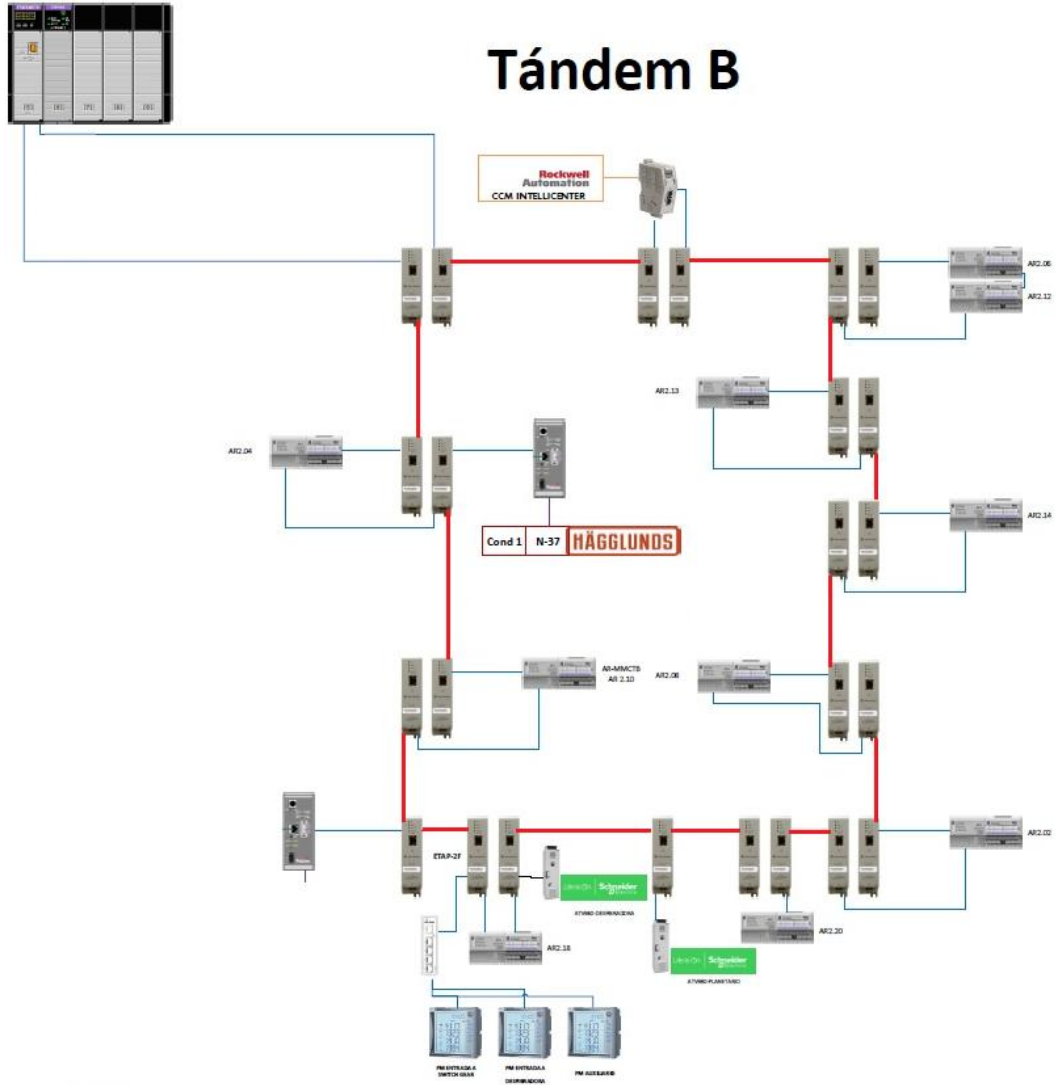
Figura 78. Diagrama de red DLR tándem A



Fuente: Pantaleón S.A.

Las conexiones entre los tramos de los módulos ETAP y el módulo EN2TR es efectuado por cable de red, que inicia y cierra el anillo, tal y como se observan en ambas figuras, también se puede observar los dispositivos que se incorporan a la red DLR por medio de los módulos ETAP.

Figura 79. Diagrama de red DLR tándem B



Fuente: Pantaleón S.A.

Las conexiones para los módulos ETAP y EN2TR de la red del tándem B son idénticas a las descritas para la red DLR del tándem A.

De igual manera, permite ubicar fácilmente los dispositivos que se configurarán.

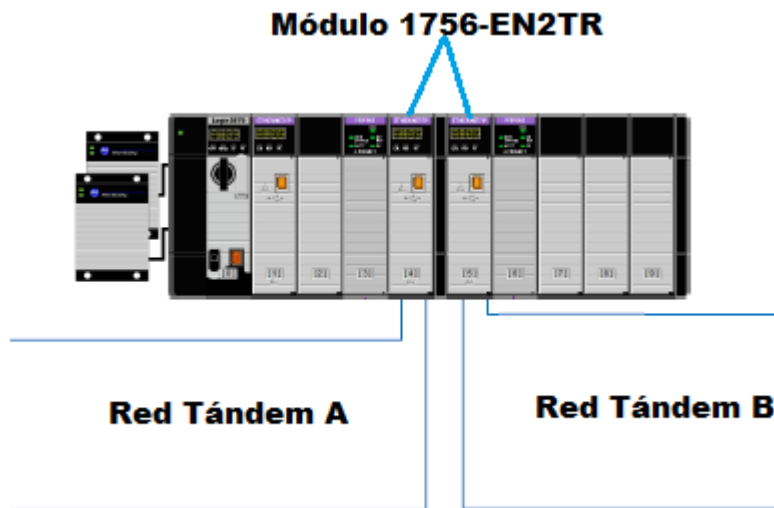
3.2.1. Elemento supervisor activo

El elemento o dispositivo configurado como supervisor activo es el módulo 1756-EN2TR, este dispositivo es el encargado de supervisar la integridad de la red de anillo.

En la configuración de la red DLR tándem A y B existen dos módulos de red, estos módulos están instalados en un chasis ControlLogix.

La figura 80 muestra el controlador con varios módulos instalados en el chasis y entre ellos los dos módulos EN2TR.

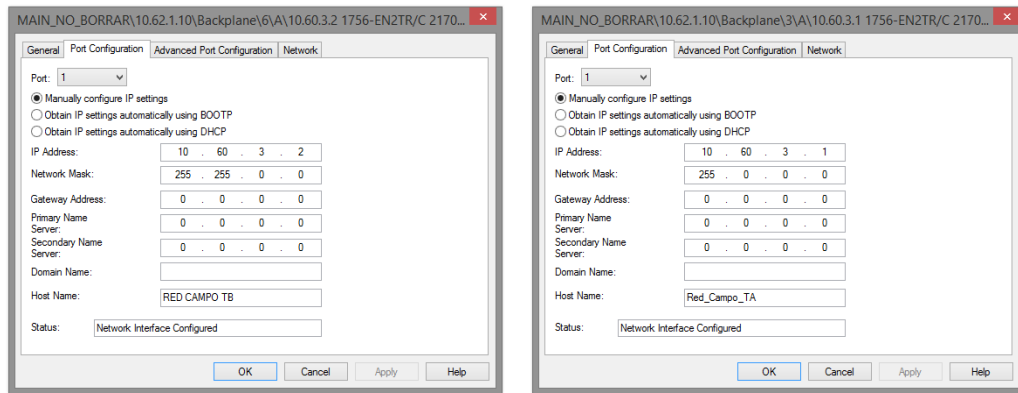
Figura 80. Módulos de red 1756-EN2TR instalados en un chasis ControlLogix



Fuente: Pantaleón S.A.

Los valores de IP y mascare de red se observan en la figura 81. Aparecen ambos módulos de red

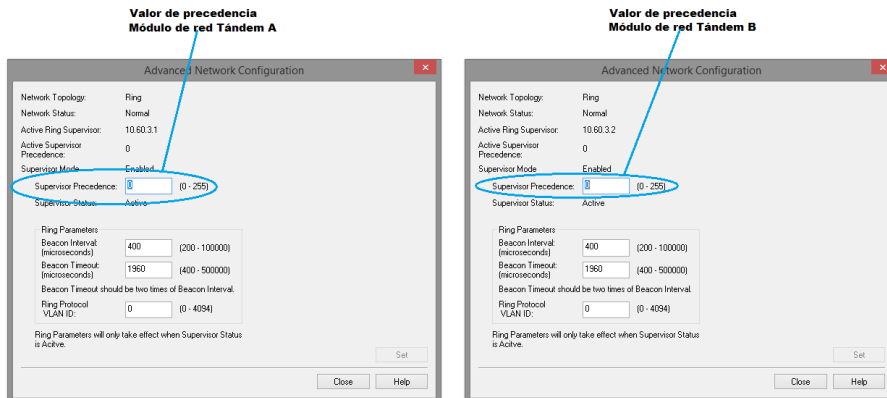
Figura 81. Valores de dirección IP y máscara de red de los módulos de red 1756-EN2TR tándem A y B



Fuente: elaboración propia.

Estos módulos están configurados con valores de precedencia iguales a 0, la figura 82 muestra lo mencionado para ambos módulos.

Figura 82. Valores de precedencia para ambos módulos



Fuente: elaboración propia.

Los módulos supervisores activos muestran una configuración básica para incorporarse a la red DLR, dando un margen favorable para configurar estos módulos según convenga para los objetivos del presente trabajo.

3.2.2. Elemento nodo de anillo

Un elemento de anillo es el encargado de incorporar dispositivos a la red DLR, esta tarea es realizada como se ha mencionado por los módulos ETAP.

Al momento de evaluar la red DLR, se pudo constatar que este módulo puede configurarse como un nodo supervisor, este detalle nos permite añadir un supervisor de respaldo a la red.

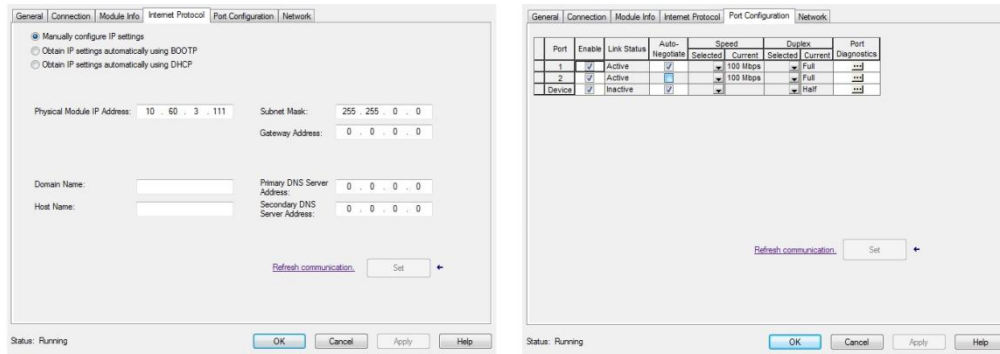
Existen varios nodos ETAP en la red DLR del tándem A, 18 módulos 1783-ETAP1F y 1 módulo 1783-ETAP2F, en el tándem B existen 24 módulos 1783-ETAP1F y 1 módulo 1783-ETAP2F.

Con la ayuda de RSLogix se muestran las características que los módulos ETAP presentan en la red. Un nodo de anillo para su implementación inicial no requiere más que una configuración de IP y máscara de red para incorporarlo a la red.

Los módulos mencionados anteriormente admiten ciertas configuraciones que permitirán habilitar cualquier nodo de la red como supervisor de respaldo y algunas otras opciones para incrementar el rendimiento de la red.

La figura 83 muestra la configuración del puerto, la configuración IP y máscara de red para un módulo perteneciente a la red DLR del tándem A.

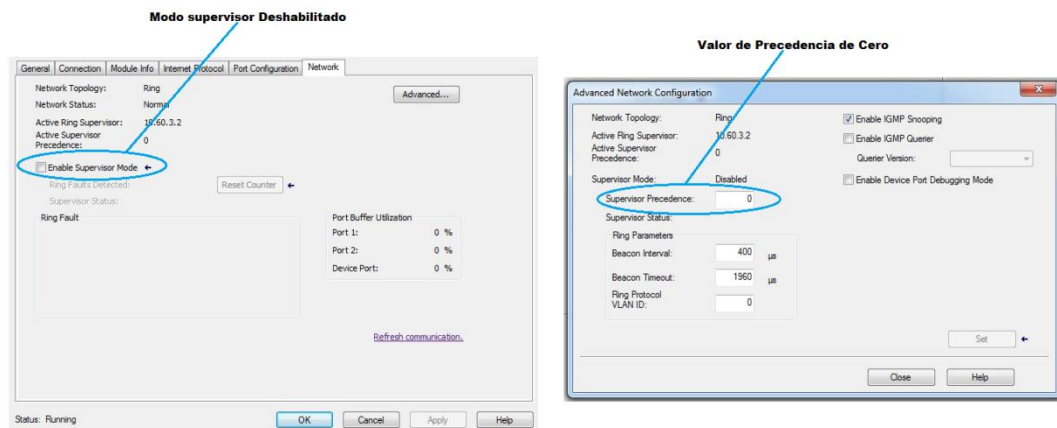
Figura 83. Configuración básica módulos ETAP desde RSLogix



Fuente: elaboración propia.

Las figura 84 muestra que este módulo en especial puede habilitarse como un nodo supervisor de anillo, con la característica de asignarle un valor de precedencia distinto de cero.

Figura 84. Selección modo supervisor y valor de precedencia para el módulo ETAP desde RSLogix



Fuente: elaboración propia.

3.3. Elementos del nodo

Los elementos que conforman los nodo para esta red DLR son los módulos de red 1756-EN2TR, 1783-ETAP1F y el módulo 1783-ETAP2F.

El módulo de red EN2TR es el elemento supervisor de la red, está ubicada en el cuarto de control de molinos, instalado en su respectivo armario.

En las distintas etapas de la supervisión de molienda y extracción de jugo de la caña de azúcar, los módulos ETAP los encargados de la recopilación y dispersión de la información.

Los elementos están instalados en armarios o caja remota, en su mayoría se encuentran dos unidades instaladas por armario.

3.3.1. Ubicación

A lo largo del área de molinos están ubicados los respectivos armarios, en donde están instalados los ETAP. Cada armario está identificado con la abreviatura AR, seguido de un número que indica su número, con el objetivo de identificarlo en el área.

El objetivo de ubicar cada armario es para establecer cuál de ellos necesita alguna modificación e indicar el tipo de modificación realizada.

La siguiente tabla muestra el número de armario y su respectiva ubicación para cada tándem.

Tabla XII. **Ubicación de armarios**

<i>TANDEM A</i>		<i>TANDEM B</i>	
Armario/ caja remota	Ubicación	Armario/ caja remota	Ubicación
AR 2.07	Corredor área de molinos tándem A y B.	AR 2.04	Costado desfibadora tándem B.
AR 2.09	Corredor área de molinos tándem A y B.	AR 2.10	Cuarto eléctrico motores molino tándem B.
AR 2.13	Corredor área de molinos tándem A y B.	AR 2.18	Segundo nivel cuarto alimentación motor desfibadora tándem B.
AR 2.11	Frente motor hidráulico molino 1 tándem A.	AR 2.20	Lado desfibadora y conductor tándem B.
AR 2.19	Entre área de clarificadores y calentadores.	AR 2.02	Costado conductor tándem B.
AR 2.05	Cuarto eléctrico tratamiento 1.	AR 2.08	Frente a cuarto eléctrico molinos tándem B.
AR 2.01	Mesa/conductor tándem A.	AR 2.14	Frente a molino 5 y 6 tándem B.
AR 2.17	Mesa/conductor tándem A.	AR 2.16	Frente a molino 5 y 6 tándem B.
AR 2.03	Cuarto de transformadores tándem A.	AR 2.12	Corredor área de molinos tándem A y B.
AR 2.15	Cuarto eléctrico motores molino tándem A segundo nivel.	AR 2.06	Corredor área de molinos tándem A y B.

Fuente: elaboración propia.

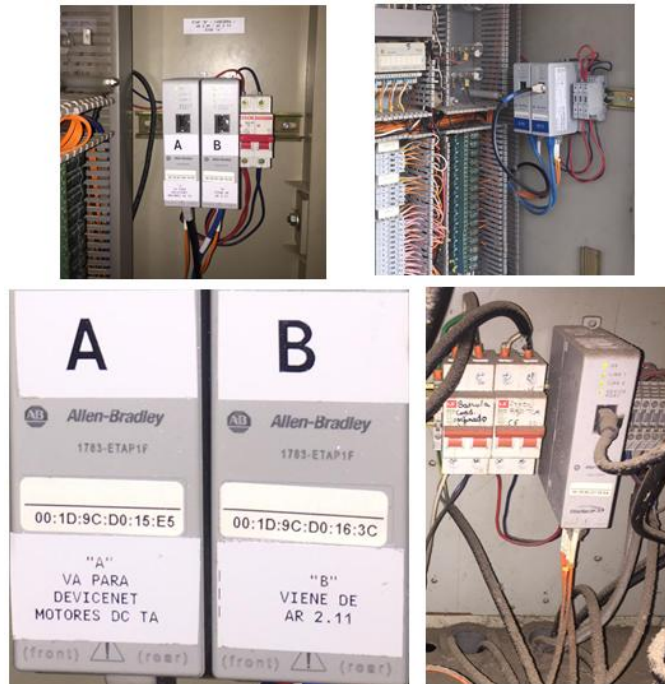
3.3.2. Tipo de instalación

Los módulos ETAP están montados en los diferentes armarios distribuidos a lo largo de las instalaciones, en cada armario están instalados dos módulos.

La figura 85 muestra los módulos instalados en su respectivo armario, se puede observar que cuenta con su respectiva alimentación y protección.

Los ETAP están conectados a la red de fibra óptica y, a su vez, estos conectan dispositivos Ethernet a la red DLR utilizando su puerto de red y el puerto del dispositivo (Device Port).

Figura 85. Módulos ETAP instalados en armarios



Fuente: Pantaleón S.A.

Cada ETAP está identificado, especificando de qué nodo proviene y a qué nodo se dirige, en la figura 85 se observa la respectiva identificación.

Para el módulo 1783-ETAP2F, la conexión e incorporación de dispositivos Ethernet al módulo es mediante el puerto del dispositivo *Device Port*, ubicado en la parte frontal del módulo, ya que este módulo cuenta con dos puertos de fibra.

En la parte inferior derecha de la figura 85 se puede apreciar el módulo ETAP2F.

3.4. Protecciones

Protecciones: para que una instalación eléctrica sea segura, debe contar con las oportunas protecciones que salvaguarden la integridad de personas, entornos, bienes y componentes eléctricos, básicamente están representadas por los siguientes dispositivos:

- Tomas de tierra
- Interruptores

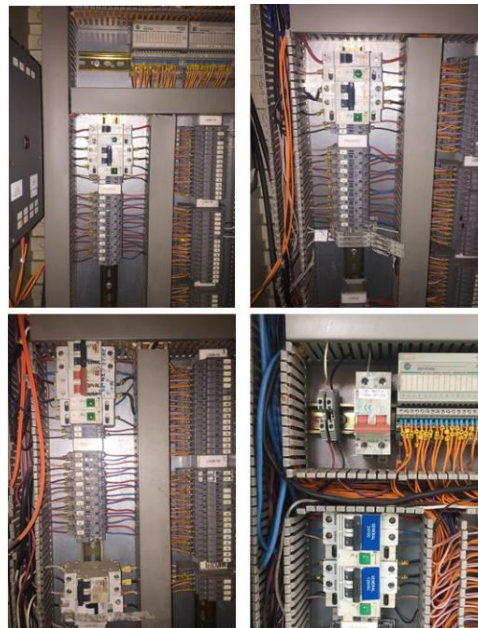
3.4.1. Interruptores automáticos magnéticos

La mayoría de ellos persiguen el objetivo de evitar electrocuciones, como las tomas de tierra, pero también cortocircuitos, sobrecargas, y daños en el circuito eléctrico y/o en sus componentes.

Los interruptores usados en el área de molinos son magnetotérmicos (o pequeños interruptores automáticos, PIA), destinados a proteger la instalación de sobrecargas y cortocircuitos.

La figura 86 muestra los interruptores utilizados para la protección de los equipos instalados en sus respectivos armarios.

Figura 86. **Interruptores instalados en armarios**



Fuente: Pantaleón S.A.

Como se puede observar, se cumplen con las respectivas normas de protección en los distintos armarios, distribuidos a lo largo de las instalaciones del área de molinos.

3.4.2. Sistema de tierras

La misión principal es evitar que se produzcan derivaciones de corriente no deseadas hacia elementos que estén en contacto directo con el entorno.

La figura 87 muestra la barra de tierra instalada en el cuarto de control de molinos la cual se distribuye hacia el panel de control de molinos y otros equipos.

Figura 87. Barra de tierra área de molinos



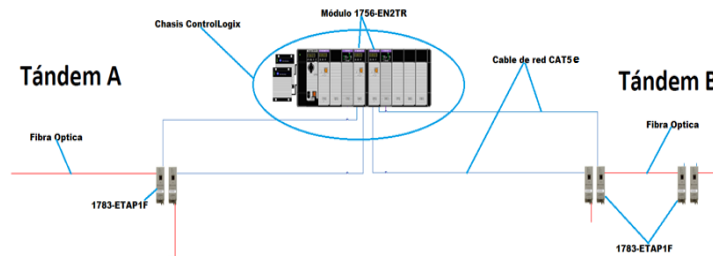
Fuente: Pantaleón S.A.

Esta instalación o sistema lo proporciona el departamento eléctrico.

3.5. Cableado

La siguiente figura (figura 88) muestra los módulos y las conexiones que existen entre los módulos de red 1756-EN2TR, 1783-ETAP1F.

Figura 88. **Conexiones entre módulos**



Fuente: Pantaleón S.A.

Se observa como cada elemento está conectado por medio de cable de red y fibra óptica.

Conociendo como la fibra y el cable de red están distribuidos se puede evaluar en campo las condiciones de los medios de propagación.

La distribución de la fibra óptica a lo largo de la infraestructura es utilizando ductos, canaletas, fundas BX.

Los módulos ETAP conectan dispositivos compatibles con Ethernet a una red DLR por medio de un cable de red, estos módulos son nodos de anillo distribuidos a lo largo de la red e instalados en los distintos armarios.

El módulo de red EN2TR utiliza el cable de red para abrir y cerrar el anillo ya que es el supervisor de la red DLR.

Conociendo la situación actual de la red por lo descrito anteriormente, se observa que dicha red cuenta con un nodo supervisor activo y nodos de anillo, debido a las ventajas que ofrece una red DLR y sus características.

Se dispone a efectuar algunas mejoras con respecto a los elementos que están incorporados a la red.

3.5.1. Normas

Debido a que se conoce como se distribuyen los medios de propagación a lo largo de las instalaciones, esto es mediante ductos, canaletas, fundas BX para la distribución y protección de los medios.

Se procede a la inspección y evaluación minuciosa de ductos, canaletas, fundas BX y formación final de los medios de propagación, lo que permitirá identificar que segmentos cumplen con las distintas normas de instalación, y mejorar los segmentos en donde no estén bien aplicadas estas normas.

Con la ayuda de la sección 2.5.1 se realizará la evaluación e inspección de las instalaciones.

3.5.2. Instalación del cable excedente

En la figura 89 se puede observar como el excedente o formación final de fibra es colocada en los distintos armarios, en donde están tanto los dispositivos de red como los dispositivos que recopilan información proveniente de los distintos instrumentos instalados en campo.

Se observa de igual forma la conexión de los módulos por medio de distribuidores, los cuales conectan los ETAP a la red DLR.

Figura 89. **Instalación excedente de fibra óptica**



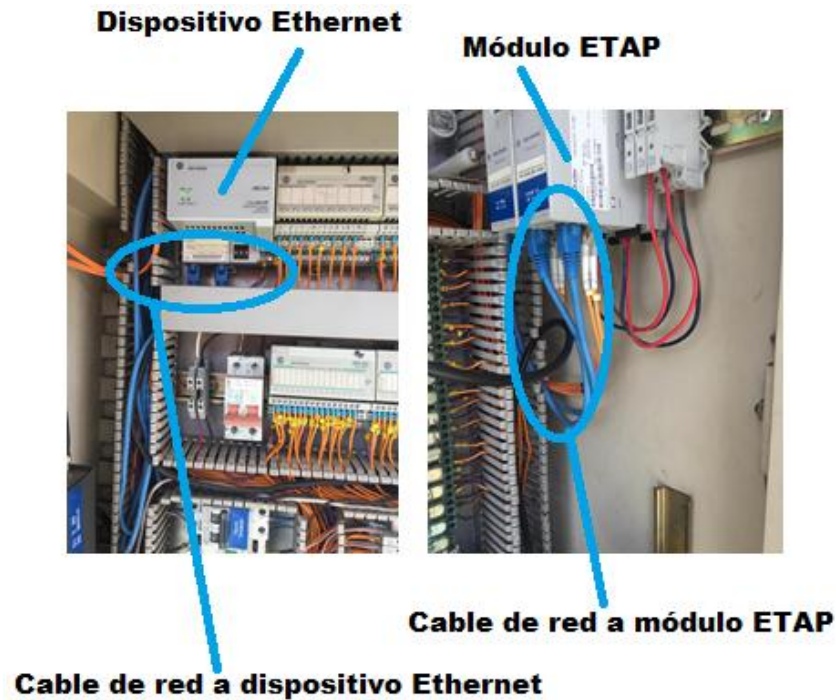
Fuente: Pantaleón S.A.

Como se observa en la figura 89 la fibra óptica que proviene de campo es colocada dentro de los armarios, se puede observar ya dentro de los armarios como está instalada la formación final de fibra óptica.

En la figura 90 se puede observar la distribución del cable de red a lo largo de las instalaciones.

También se observa como los módulos ETAP incorporan dispositivos Ethernet a la red.

Figura 90. **Distribución cable de red a lo largo de las instalaciones**



Fuente: Pantaleón S.A.

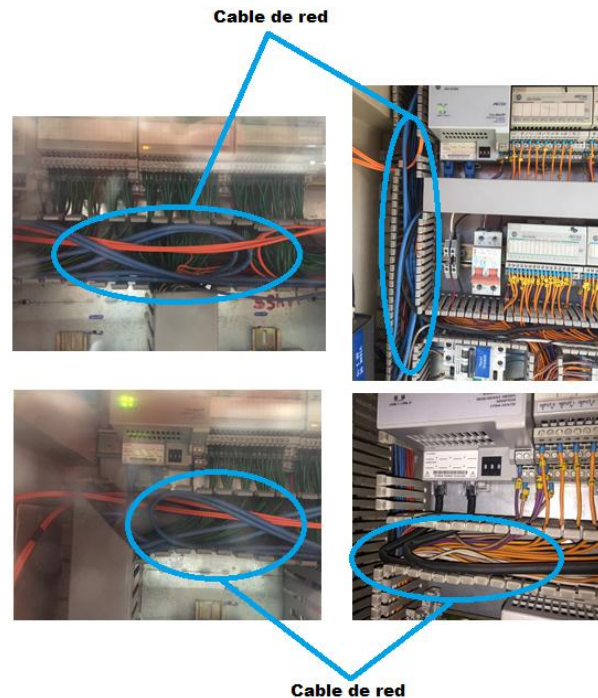
La inspección de la instalación del cable de red y la fibra óptica permite observar el trayecto de cada medio a lo largo de las instalaciones, con el fin de identificar que tramos necesitan mejora (normas). Aplicando dichos cambios se garantiza que el medio de propagación no interrumpa el intercambio de información.

En la figura 90 se observa cómo se distribuye e instala el cable de red en los distintos armarios.

Como se ha mencionado párrafos atrás, el cable de red se utiliza para que cada módulo ETAP incorpore dispositivos Ethernet a la red DLR, por

consiguiente el cable de red no excede en la instalación de cada armario los 5 metros.

Figura 91. **Instalación excedente cable de red**



Fuente: Pantaleón S.A.

Se enfatiza que se necesitan realizar mejoras en la instalación de los medios de propagación y se dispone a aplicar las normas de instalación en algunos segmentos de los tramos del medio de propagación. El objetivo es reducir la probabilidad de fallos ocasionados por dicha instalación.

3.5.3. Distribución por ductos, bandejas, tuberías

A continuación se presenta algunas imágenes respecto de cómo está instalada la fibra óptica y el cable de red, en ductos, bandejas.

Figura 92. **Instalación de fibra óptica en ductos, bandejas y tuberías**



Fuente: Pantaleón S.A.

La figura 92 muestra cómo está instalada la fibra óptica a lo largo de las instalaciones tales como ductos, canaletas y fundas BX de entrada y salida a los armarios. En algunos segmentos se puede observar que necesitan aplicar normas para la correcta instalación de los medios de propagación. Estos cambios se deberán realizar respetando las normas de instalación.

4. PROPUESTA DE MEJORAS DE RENDIMIENTO DE LA RED DLR

Al momento de efectuar el análisis de la red DLR se encontró que dicha infraestructura de red cuenta con un supervisor activo el cual se encarga de verificar la integridad del anillo, el módulo 1756-EN2TR de *Rockwell Automation* es el supervisor activo, los nodos de anillo los cuales son tomas o módulos 1783-ETAP1F y 1783-ETAP2F, ambas son tecnologías de interruptor incorporado EtherNet/IP que permite la implementación de esta topología a nivel de dispositivo, interfaz entre dispositivos que utilizan el protocolo EtherNet/IP.

La disponibilidad de la red es indispensable en todo el periodo de zafra debido a que en el subproceso de la extracción de jugo de la caña de azúcar cuenta con elementos substanciales para realizar esta tarea. Si no se cuenta con el acceso y supervisión de estos dispositivos, el proceso será vera interrumpido, situación no favorable para el proceso y por ello se propone implementar o configurar dos supervisores de respaldo en dicha infraestructura de red con el objetivo de no interrumpir la operación debido a la falta de disponibilidad de la red.

4.1. Propuesta para configurar un supervisor de respaldo en una red DLR

En una red DLR se requiere que un dispositivo este configurado como supervisor activo. El supervisor activo es el responsable de verificar la integridad del anillo.

Dentro de la red DLR es recomendable que se configure un supervisor de respaldo, en base a esto se propone la configuración e implementación de dos nodos supervisor de respaldo, para que en el caso de que el supervisor activo falle la red siga funcionando.

Cada supervisor en el anillo tendrá un valor de precedencia, el valor de precedencia más alto indicara quien es el supervisor activo y los valores bajos indican quien es supervisor de respaldo.

Las tomas 1783-ETAP1F en la infraestructura están configuradas como nodos de anillo, serán estas tomas las que se configuren como supervisores de respaldo para la red DLR.

El módulo de red 1756-EN2TR, está configurado como supervisor activo con un valor de precedencia 0, valor predeterminado de fábrica y que comprende de 0 a 255, el valor de precedencia de este módulo cambiará cuando se incorpore otro supervisor.

Debido a que si no se asigna un valor de precedencia distinto a 0 al módulo 1756-EN2TR se tendrá que analizar las direcciones MAC de todos los nodos configurados como supervisores en la red DLR para establecer quién de ellos es el supervisor activo, debido a que los dispositivos configurados como supervisores en el nodo con la dirección MAC numéricamente más alta se convierte en el supervisor activo.

No se desea que cambie el supervisor activo actual, a este se le colocará un valor de precedencia alto en comparación con los otros supervisores para que no deje de ser el supervisor activo.

Al recurrir a los valores de precedencia se tendrá claro en donde está el supervisor activo, teniendo un orden sobre estos elementos de la red DLR.

4.1.1. Nodos de anillo en una red DLR

Un nodo de anillo es cualquier nodo que opera en la red para procesar datos que se transmiten mediante la red o para pasar los datos al siguiente nodo de la red.

Las tomas 1783-ETAP1F son nodos de anillos los cuales se encargan de incorporar dispositivos EtherNet/IP a una red DLR.

Cuando se produce un fallo en la red DLR, los nodos se reconfiguran por sí solos y vuelven a activar la topología de la red. Además, los nodos de anillo pueden reportar ubicaciones de fallo al supervisor de anillo activo.

Es de suma importancia no conectar dispositivos a una red DLR que no soportan el protocolo DLR, para ello se deben conectar mediante tomas 1783-ETAP1F o 1783-ETAP2F EtherNet/IP.

En términos generales, un nodo de anillo es cualquier dispositivo no supervisor que opera en el anillo y participa en el protocolo DLR. Los nodos de anillo participan en la detección de fallas (verificar proceso de nodos vecinos, detección de fallas de proceso).

Cuando se detecta una falla, un nodo de anillo se reconfigurará adecuadamente (proceso de recuperación de anillo).

Estos nodos de anillo basados en balizas son necesarios para procesar marcos de baliza dentro de un intervalo de baliza especificado.

El intervalo predeterminado de baliza es de 400us. La frecuencia mínima de baliza es 200 us.

El intervalo de baliza predeterminado permite tiempos de recuperación de anillo del orden de 3 ms para un anillo de 50 nodos.

Si existen más de 50 nodos en una sola red DLR, la red tendrá mayores posibilidades de que ocurran múltiples fallos en la red.

Los tiempos de recuperación de una red DLR con fallo son mayores, respetando este aspecto técnico presente en el protocolo de red DLR, se obtiene un rendimiento óptimo de cada nodo de anillo anclado a la red.

Tiempos de recuperación más rápidos son posibles con intervalos de baliza más pequeños.

Aunque se recomienda que se trabaje con los valores predeterminados para evitar cualquier eventualidad, los valores o intervalos de baliza no se modificaran para ningún nodo de la red ya que la cantidad de nodos en esta red no excede los 50 nodos.

Se puede configurar dicha módulo como un supervisor de respaldo asignando un valor de precedencia, valor menor al que se le asigna al supervisor activo de la red DLR.

Los módulos cuentan con varias formas de configuración y en secciones posteriores se discutirá este tema.

Los módulos 1783-ETAP1F configurados como nodo de anillo solo necesita asignarles una IP válida, esta configuración se efectuó cuando se hizo la infraestructura de red.

4.1.2. Supervisor de anillo en una red DLR

Para que un nodo sea un supervisor activo, este debe configurarse como supervisor activo antes de cerrar físicamente el anillo, por medio del software RSLinx Classic o software de programación RSLogix 5000 se logra configurar un supervisor activo.

También se puede establecer uno de los nodos de anillo como supervisor de anillo por medio del software de comunicación RSLinx Classic o software de programación RSLogix 5000, aunque se requerirá realizar algunos pasos importantes para lograr esta configuración.

Este elemento supervisor de anillo es responsable de verificar la integridad de la red de anillo, esta configuración permite recolectar información de diagnóstico de la red de anillo. Actualmente varios equipos de *Rockwell Automation* aceptan la funcionalidad de supervisor de anillo.

- Módulo 1756-ENT2R Control Logix Etherneth/IP de 2 puertos
- Módulo 1783-ETAP, 1783-ETAP1F o1783-ETAP2F Ethernet/IP

Ambos módulos utilizan las tecnologías de interruptor incorporado que agregan características de *switch* Ethernet al hardware, permitiendo conectar

dispositivos directamente a la red, sin un *switch* Ethernet por separado, logrando simplificar las conexiones y reducción de costos.

El supervisor de anillo proporciona funciones primarias tales como:

- Verificar la integridad del anillo
- Reconfigurar el anillo para que se recupere de un fallo único
- Recolectar información de diagnóstico para el anillo

Cuando existen múltiples supervisores configurados en una red DLR, el supervisor con el valor de precedencia más alto es el supervisor activo y los otros supervisores se vuelven en supervisores de respaldo, siempre y cuando se asigne valores de precedencia distintos a cada supervisor incorporado a la red de lo contrario el protocolo de red DLR procederá a tomar el valor numérico de la dirección MAC más alta para denominar el supervisor activo.

Los dispositivos con capacidad de supervisor, tiene la función de supervisor inhabilitada, esta función le permite a cualquier toma 1783-ETAP1F con estas características participar en una red DLR como nodo de anillo o supervisor de anillo.

En cualquier momento dado, solo habrá un supervisor activo en una red DLR. Sin embargo, las guías de aplicación recomiendan configurar por lo menos un nodo con capacidad de supervisor para que actúe como supervisor de respaldo. Durante la operación normal, un supervisor de respaldo se comporta como un nodo de anillo.

Si se interrumpe la operación del nodo supervisor activo, por ejemplo si este experimenta una desconexión y reconexión de la alimentación eléctrica, el

supervisor de respaldo con el siguiente valor de precedencia numéricamente más alto se convierte en el supervisor activo.

Por esta razón se agregara dos supervisores de respaldo, estos supervisores tendrán un valor de precedencia menor al valor de precedencia que se asignara al supervisor activo. En resumen, habrá un supervisor activo y un supervisor de respaldo.

4.2. Evaluar elementos de una red DLR

Al evaluar los elementos y la topología que conforman una red DLR permite conocer a detalle los elementos dentro de esta topología con el fin de identificar que elementos se pueden modificar. La evaluación de cada elemento tiene el propósito de facilitar cuales elementos se configuran como supervisores de respaldo y supervisor activo.

4.2.1. Análisis de elementos de una red DLR

Los elementos que conforman actualmente la topología de red que supervisa la extracción de jugo en el área de molinos tándem A y B se muestran en las tablas XIV y XV, en ellas se especifican en forma general la cantidad y tipo de elementos que intervienen en la supervisión del subproceso de extracción de jugo.

En el subproceso de la extracción de jugo intervienen varios elementos que utilizan diferentes protocolos de redes, tales como DeviceNet, DLR y bus de campo abierto Profibus, se hace mención a estos protocolos para indicar de forma general que componentes intervienen en el subproceso de extracción de jugo de la caña de azúcar.

Este proyecto se enfoca en el protocolo DLR y en cada uno de los elementos que intervienen.

Tabla XIII. **Elementos encargados de la supervisión del subproceso de extracción de jugo de la caña de azúcar tándem A**

<i>TANDEM A</i>		
Elemento	Cantidad	Tipo de elemento
1783-ETAP1F	18	nodo de anillo (elemento de red DLR)
1783-ETAP2F	1	nodo de anillo (elemento de red DLR)
1756-EN2T	1	módulo de red
1756-EN2TR	1	módulo de red DLR Supervisor Activo
1756-L73	1	Controlador tándem A y B
1794-AENTR	10	Módulos Flex I/O
FO Molex	10	Cajas de Interconexión
OZD Profi 12M	7	Red Profibus motores hidráulicos

Fuente: Pantaleón S.A.

Es indispensable conocer cada elemento de la red DLR, por esa razón se analizarán los elementos que pertenecen a la red DLR enumeradas en las Tablas XIV y XV.

Tabla XIV. **Elementos encargados de la supervisión del subproceso de extracción de jugo de la caña de azúcar tándem B**

<i>TANDEM B</i>		
Elemento	Cantidad	Tipo de elemento
1783-ETAP1F	23	nodo de anillo (elemento de red DLR)
1783-ETAP2F	1	nodo de anillo (elemento de red DLR)
1756-EN2T	1	módulo de red
1756-EN2TR	1	módulo de red DLR supervisor activo
1756-L73	1	Controlador tándem A y B
1794-AENTR	10	Módulos Flex I/O
FO Molex	8	Cajas de interconexión
OZD Profi 12M	7	Red Profibus motores hidráulicos

Fuente: Pantaleón S.A.

Los elementos de interés son los nodos de anillo, el supervisor activo para la red DLR y el medio de propagación. Las tomas 1783-ETAP1F y 1783-ETAP2F están configuradas como nodos de anillos, y existe un supervisor activo que es el módulo de red 1756-EN2TR anclado al chasis del controlador programable 1756-L73 los controladores ControlLogix mejoran significativamente la cantidad de información que puede intercambiarse entre las capas de control y de supervisión, y ofrecen una mejora significativa en el rendimiento de aplicaciones de control redundante. Los controladores 1756-L7 también ofrecen mayor capacidad y permiten ejecutar más estrategias de control en cada tarea.

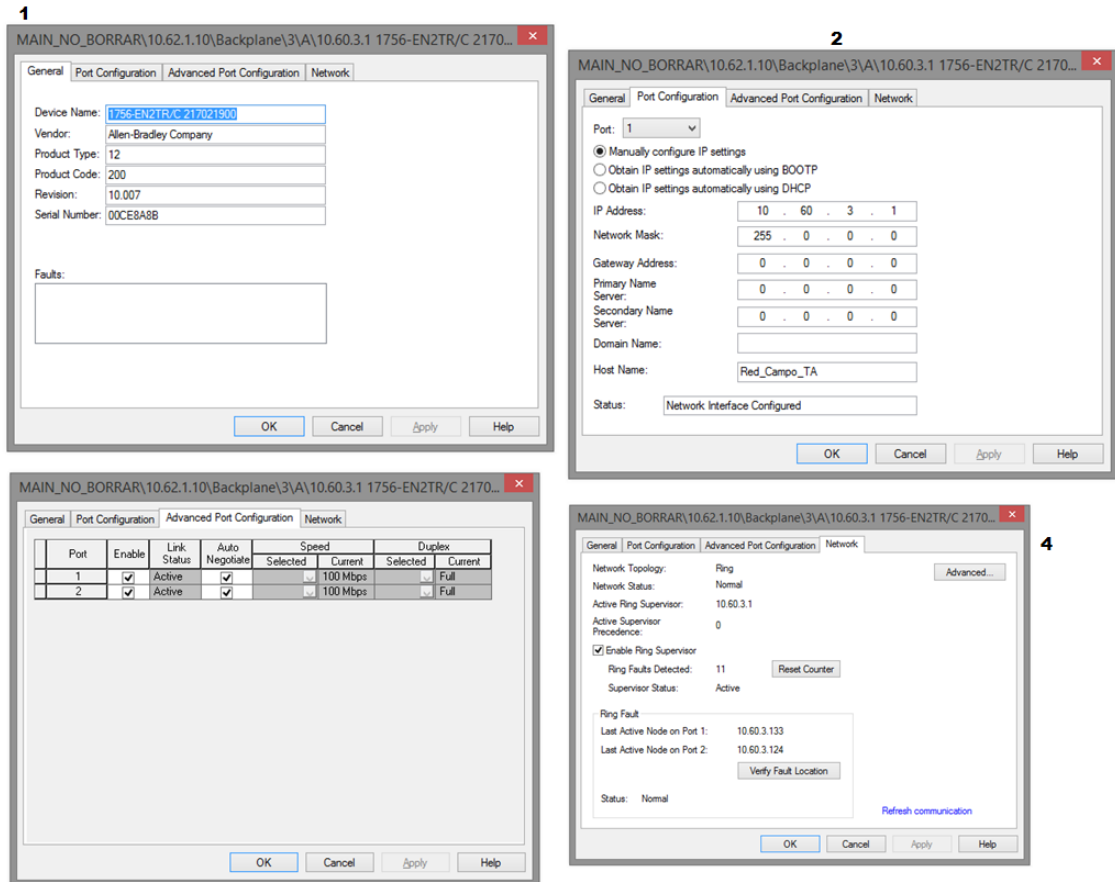
El supervisor activo y la toma se encargan del funcionamiento de la red DLR, se hace uso del software de comunicación RSLinx Classic para ver los siguientes parámetros.

- Datos generales del dispositivo
- Configuración del puerto
 - IP asignada
 - Mascara de red
- Configuración de puerto avanzada
 - Habilitar puertos
 - Velocidad de puertos
 - *Duplex*
- *Network*

La figura 93 detalla cada parámetro de configuración del módulo 1756-EN2TR, con la ayuda del software RSLinx Classic se obtiene de forma visual los parámetros que se enumeraron anteriormente; en la siguiente figura se observan dichos parámetros. Cada parámetro tiene una función en especial que nos proporciona información indispensable para establecer una configuración determinada, conocer estas características permitirá configurar el módulo con los parámetros adecuados para lograr un óptimo desempeño.

Los valores de velocidad, la auto-negociación, el valor de precedencia, son de suma importancia, ya que permiten establecer características importantes para los propósitos de este proyecto.

Figura 93. Parámetros de configuración 1756-EN2TR desde RSLinx



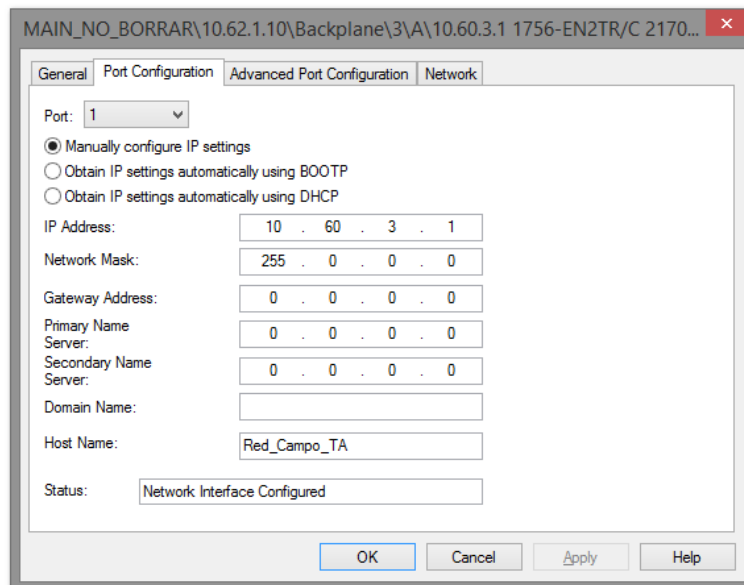
Fuente: elaboración propia.

Los parámetros de configuración del módulo proporcionados en la figura 93 permite conocer datos generales del dispositivo tales como nombre del dispositivo, fabricante o vendedor, para el módulo EN2TR en secciones posteriores se indicara más características de este módulo con el fin de conocer las funciones primordiales.

Como se mencionó anteriormente los parámetros configurados adecuadamente proporcionarían un óptimo desempeño de la red DLR, finalidad

de este proyecto. Al momento de la realización de este proyecto las configuraciones mostradas en la figura 93, ya estaban establecidas, lo que se pretende, es obtener un óptimo rendimiento y disponibilidad de la red por medio de una correcta configuración de cada uno de los módulos, esto implica evaluar y efectuar los cambios requeridos para lograr dicho objetivo.

Figura 94. **Configuración del puerto desde RSLinx Classic**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 94 se muestra la configuración que tiene este dispositivo 1756-EN2TR que es el supervisor activo de la red DLR.

Los valores de IP y máscara de red, estos valores son configurados de forma manual, Los campos de dirección *Gateway*, *Primary DNS*, *Secondary DNS* y *Domain Name* son opcionales.

Los valores de los parámetros que se observan dependen de la clase de red a la cual pertenece.

Estos valores no se modificaran en el presente proyecto ya que este dispositivo existe en la red DLR.

Tal módulo está configurado como supervisor activo, y esta configuración se realizó desde que se implementó esta red.

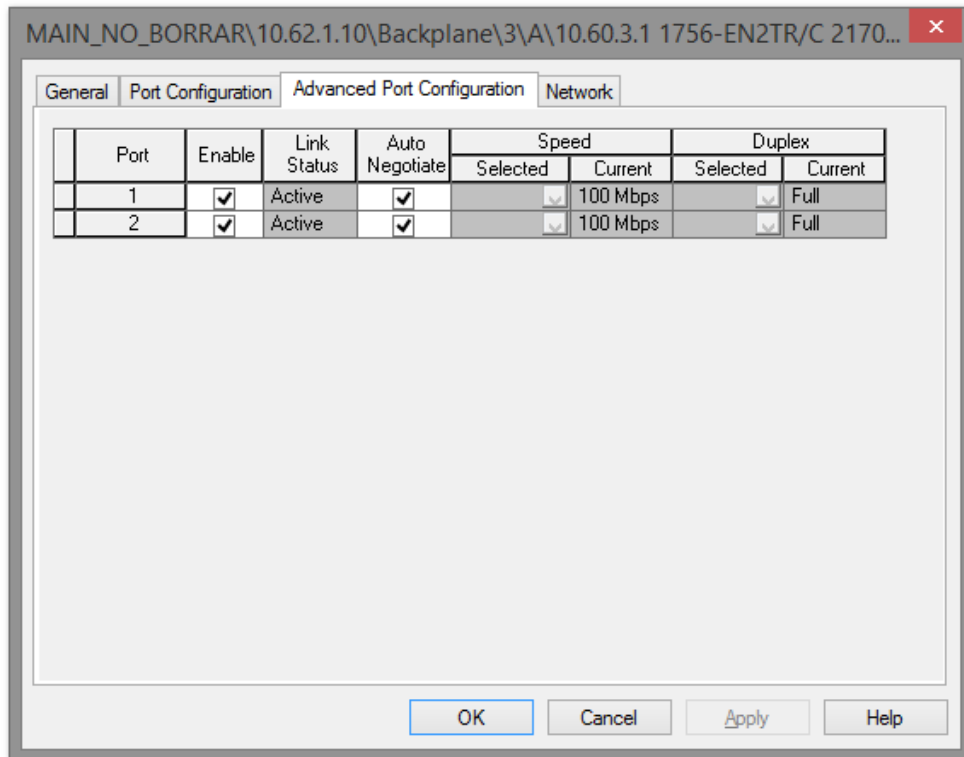
En la pestaña *Advanced Port Configuration* se puede configurar los valores que proporcionen el mejor rendimiento para la red.

La configuración mostrada en la figura 95 se aplica al módulo EN2TR, para la red del tándem A.

Esta configuración proporciona un rendimiento óptimo a la red, siempre y cuando en cada nodo exista esta misma configuración.

Los nodos vinculados no forzarán la velocidad de sus puertos entre nodos, permitiendo el intercambio de la información sin que se vea afectada.

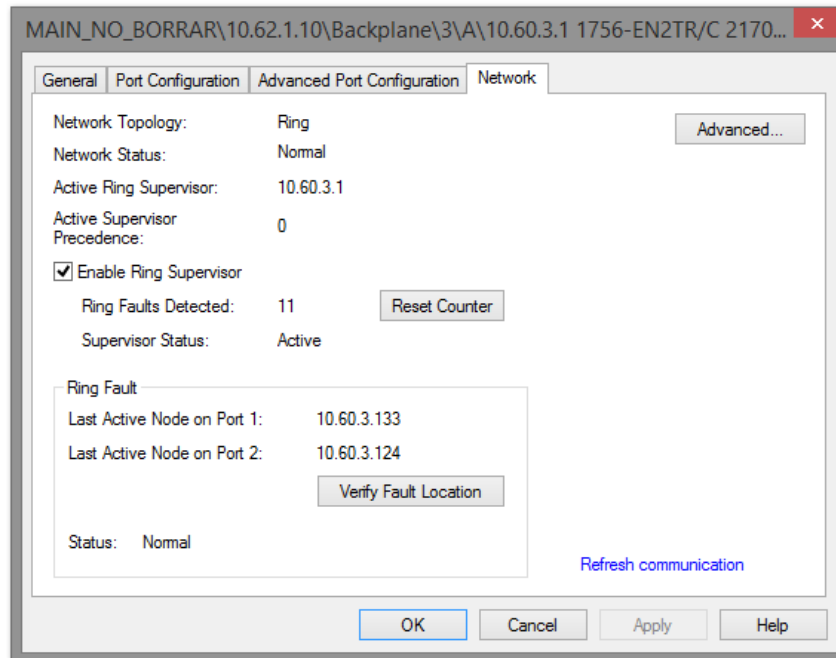
Figura 95. **Cuadro configuración del puerto desde RSLinx Classic**



Fuente: elaboración propia.

Esta será una de las tareas que tendrán mucha relevancia ya que se analizará cada nodo y se verificará que se cumplan estas características. Al momento de que uno de estos nodos no cumpla con la configuración que se muestra en la figura 95. Se harán los cambios necesarios y se detallará que nodo es el que no presenta estas configuraciones. Este nodo se identificará por medio de la IP y dirección MAC indicando qué parámetros fueron los que se modificaron.

Figura 96. **Cuadro configuración de red para el módulo 1756-EN2TR**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 96 se muestran varios parámetros que son de suma importancia, los cuales se detallaran más adelante en este proyecto. Por el momento solo se indican los parámetros que se puede tomar como información del dispositivo, la cual proporciona un estado general, tanto del dispositivo como de la red DLR.

- Topología de red
- Estado de la red
- Habilitar supervisor de anillo
- Falla de anillo

Estos parámetros son útiles para localizar fallos, las direcciones y en qué puerto de los nodos se presenta el fallo.

4.2.2. Módulo 1756-EN2TR

La tarjeta o módulo de comunicaciones que se utiliza para integrar la periferia es la 1756-EN2TR. Es una tarjeta de comunicaciones compatible con “Ethernet/IP” que cuenta con dos puertos EtherNet RJ45 de categoría 5 y soporta hasta 256 conexiones. Además, es compatible con el protocolo “DLR”.

En las figuras 97 y 98 se puede observar la tarjeta 1756-EN2TR:

Figura 97. Módulo de red 1756-EN2TR



Fuente: <https://http2.mlstatic.com/D_Q_NP_825112-MLM25706172872_062017-Q.jpg>.

Consulta: marzo de 2018.

Figura 98. **Módulo 1756-EN2TR vista frontal**



Fuente: Pantaleón S.A.

La figura 98 muestra el módulo visto de frente, donde se aprecia a detalle los componentes del módulo tales como *display*, leds indicadores, puerto USB y puertos de Ethernet.

Como se mencionó este módulo soporta el protocolo de red Ethernet Industrial (EtherNet/IP) es un estándar de red industrial abierta que admite tanto mensajería de E/S en tiempo real como intercambio de mensajes.

La red EtherNet/IP emplea chips de comunicación Ethernet listos para usar y medios físicos.

En la tabla XVI se muestra algunos valores importantes por considerar como información general para este módulo.

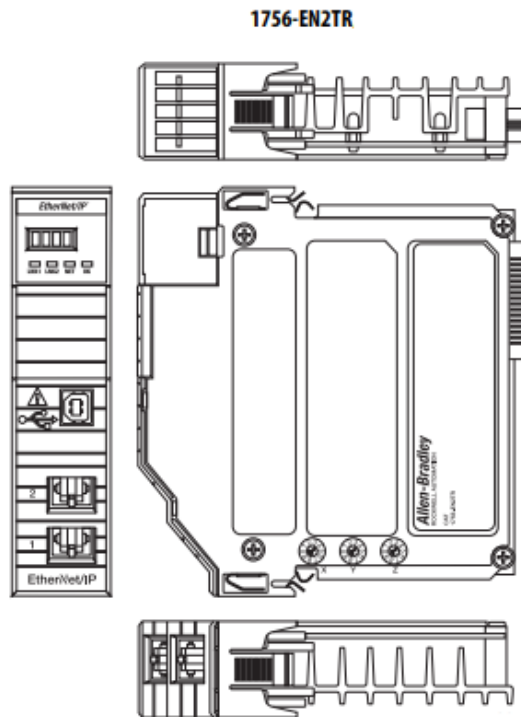
Tabla XV. **Características técnicas módulo 1756-EN2TR**

Especificaciones Técnicas Módulo 1756-EN2TR	
Atributo	Descripción
Ethernet/IP ratio de comunicación	10/100 Mbps
Corriente @ 5.1V DC	1 A
Potencia Disipada	5.1 W
Numero de Multicast Tag, max	32
Ethernet port	2 Ethernet RJ45 categoria 5
Puerto USB	USB 1.1, <i>full speed</i> 12Mbps
Conexión	TCP – CIP
TCP/IP conexiones	128
<i>Logix connections</i>	256
Configuración	RSLinx o BOOTP/DHCP configuración de la dirección IP

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td003_-en-e.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

La figura 99 muestra una imagen del módulo 1756-EN2TR, visto de frente, vista lateral, visto de arriba y abajo. Tomado del manual de operaciones.

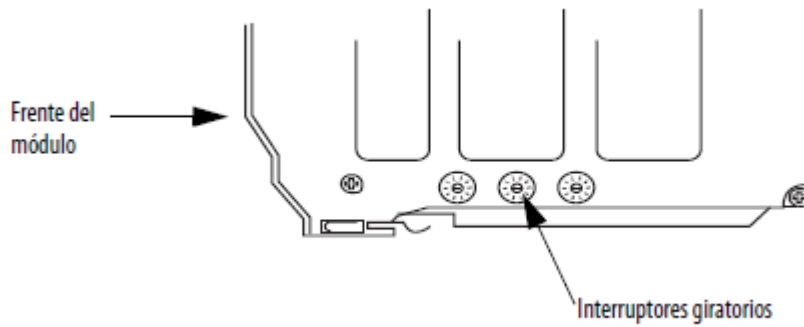
Figura 99. **Vista de perfiles del módulo 1756-EN2TR**



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td003_-en-e.pdf > [Consulta: en marzo de 2018].

La figura 100 muestra los interruptores giratorios en el módulo de comunicación 1756-EN2TR EtherNet/IP. De acuerdo con el módulo, los interruptores están en la parte lateral del módulo. Al momento del encendido, el módulo lee los interruptores giratorios para determinar si están establecidos en un número válido para la última porción de la dirección IP, es decir, si los números están en el rango de 001...254.

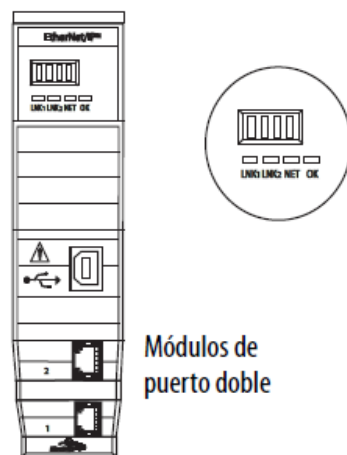
Figura 100. **Interruptores giratorios del módulo 1756-EN2TR**



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/enet-in002_-en-p.pdf > [Consulta: marzo 2018].

Los interruptores pueden utilizarse para establecer una dirección IP de red pero estos ajustes no tienen validez para los valores de los parámetros de la red DLR configurada en molinos tándem A y B.

Figura 101. **Diagrama frontal módulo 1756EN2TR**



Módulos de puerto doble

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/enet-in002_-en-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

La figura 101 muestra la parte frontal del módulo 1756-EN2TR, módulo de puerto doble, tomado del manual de operación del módulo.

En la parte frontal hay un *display* y cuatro leds de estado (LNK1, LNK2, OK y NET). En la siguiente tabla se puede comprobar las diferentes configuraciones que muestran.

Tabla XVI. **1756-EN2TR Estados posibles de leds frontales**

Estado de los Led indicadores módulo 1756-EN2TR		
Led	Estado	Descripción
LNK 1/2	Apagado	Una de estas condiciones existe: <ul style="list-style-type: none"> • El módulo no está encendido. <ul style="list-style-type: none"> - Verifique que haya alimentación del chasis. - Verifique que el módulo esté completamente insertado en el chasis y plano posterior. - Asegúrate de que el módulo haya sido configurado. • No existe enlace en el puerto • El puerto está deshabilitado administrativamente (LNK2). • El puerto está desactivado debido a las fallas de anillo rápidas (LNK2).
	Verde	Una de estas condiciones existe: <ul style="list-style-type: none"> • Existe un enlace en el puerto. • La red del anillo está funcionando normalmente y esta como supervisor activo (LNK2). • Se detectó una falla de red parcial de anillo en el supervisor activo (LNK2).
	Verde parpadeante	La actividad existe en el puerto

Continuación de la tabla XVI.

OK	Apagado	<p>El módulo no tiene energía.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifique que haya alimentación del chasis. • Verifique que el módulo esté completamente insertado en el chasis. • Asegúrese de que el módulo haya sido configurado.
	Verde parpadeante	<p>El módulo no está configurado. La pantalla de estado del módulo se desplaza: BOOTP o DHCP</p>
	Verde	<p>El módulo está funcionando correctamente. La pantalla de estado del módulo OK <dirección IP_de_este_módulo></p>
	Rojo parpadeante	<p>El módulo detectó una falla menor recuperable. Comprobar el configuración del módulo Si es necesario, reconfigure el módulo</p>
	Rojo	<p>El módulo detectó una falla mayor irrecuperable. Poder cíclico al módulo. Si esto no borra la falla, reemplace módulo</p>
	Ambos condiciones existe • Indicador de estado es rojo • Rojo y en el display "Image Update Need"	<p>La imagen de firmware principal del módulo necesita ser actualizada. Seguir estos pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Actualiza la imagen de firmware. 2. Apague y encienda el módulo. 3. Si los indicadores de estado siguen siendo los mismos, es decir, rojo y desplazando la actualización de imagen necesaria, reemplace el módulo.
	Verde y rojo parpadeante	<p>El módulo esta ejecutando el test de encendido.</p>

Continuación de la tabla XVI.

NET	Apagado	Una de estas condiciones existe: <ul style="list-style-type: none"> • El módulo no está encendido. <ul style="list-style-type: none"> - Verifique que haya alimentación del chasis. - Verifique que el módulo esté completamente insertado en el chasis y plano posterior. - Asegúrate de que el módulo haya sido configurado. • El módulo está alimentado pero no tiene una dirección IP. Asigna una dirección IP al módulo.
	Verde parpadeante	El controlador tiene una dirección IP y una de estas condiciones existe: <ul style="list-style-type: none"> • El módulo no ha establecido ninguna conexión CIP. Si las conexiones están configuradas para este módulo, verifique originador de conexión para el código de error de conexión. • Una o más conexiones han expirado. Por ejemplo, un La HMI o conexión de E / S ha expirado. Restablece la conexión.
	Verde	El módulo ha establecido al menos 1 conexión CIP y esta operando apropiadamente. La dirección IP del módulo se desplaza por el Visualización del estado del módulo.
	Rojo	El módulo está en modo conflicto. Comparte una dirección IP con otro dispositivo en la red. La dirección IP actual del módulo se desplaza por la pantalla de estado del módulo. OK <IP_address_of_this_module> Duplicate IP <Mac_address_of_duplicate_node_detected> Cambia la dirección IP del módulo.
	Verde y rojo	El módulo está realizando su prueba de encendido

Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/enet-in002_-en-p.pdf>. [Consulta: marzo de 2018].

El *firmware* que posee la tarjeta 1756-EN2TR es “10.007”, en principio no sería necesaria una actualización del *firmware* ya que actualmente viene de fábrica con el correcto, el cual soporta la configuración de supervisor.

Estas tarjetas están instaladas en el chasis de la CPU ControlLogix 1756-L73 chasis de las entradas/salidas.

4.2.3. Toma 1783-ETAP1F

La tarjeta de comunicaciones 1783-ETAP1F es compatible con Ethernet/IP. Cuenta con un puerto RJ45 para conectar un dispositivo no compatible con la tecnología de interruptor incorporado a una red DLR, un puerto del dispositivo, un puerto de red de fibra óptica que conecta el módulo a una red DLR. Además, es compatible con el protocolo DLR. La figura 102 muestra la toma o módulo 1783-ETAP1F vista de frente.

Figura 102. **Módulo 1783-ETAP1F**

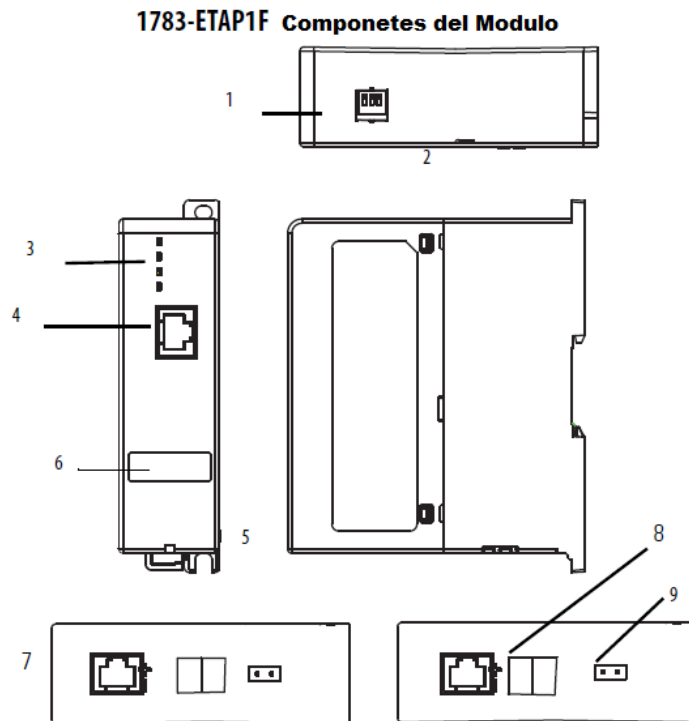


Fuente: <<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSwXcyd2gQ8afX6UPIkPLq7Vt6O4mKAaWf8UGzfv-IQ2f2YJe7j>> [Consulta: marzo de 2018].

A continuación se describen los componentes del módulo 1783-ETAP1F, ya que este dispositivo está configurado como nodo de anillo en la red DLR de

molinos, y se configurara como uno de los supervisores de respaldo. Es necesario detallar las funciones básicas de este módulo para efectuar las configuraciones correspondientes en este dispositivo, sin afectar los parámetros actuales. Es indispensable efectuar dichos cambios sin que los valores que ya están asignados sufran cambio para evitar conflictos por IP o configuraciones de puertos, evitando altos índices de errores de transmisión.

Figura 103. **Componentes del módulo 1783-ETAP1F**



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

En la figura 103 se enumeran los componentes que conforma el módulo 1783-ETAP1F.

En la tabla XVIII hay una descripción de los componentes enumerados en la figura 103 del módulo 1783-ETAP1F.

Tabla XVII. **Descripción de los componentes del módulo 1783-ETAP1F**

Componentes del Módulo 1783-ETAP1F	
Actividad	Descripción
1	DIP <i>switches</i>
2	Vista superior
3	Indicador de estado
4	Puerto del dispositivo en el panel frontal
5	Vista lateral
6	Etiqueta ID MAC
7	Vista inferior, 1783-ETAP1F
8	Puertos para conexión a red lineal o en anillo. <ul style="list-style-type: none"> • Puerto de conexión fibra óptica • Puerto de conexión Ethernet RJ45
9	Conector DC

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

En la parte frontal del módulo 1783-ETAP1F se encuentra el *Device Port* puerto del dispositivo y *leds* indicadores que muestran el estado del módulo, en la tabla XIX se puede comprobar las diferentes configuraciones que muestran.

Tabla XVIII. Estados posibles de *leds* frontales módulo 1783-ETAP1F

Estado de los leds indicadores toma 1783-ETAP1F		
Led	Estado	Descripción
LNK 1/2	Apagado	<p>Una de estas condiciones existe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay enlace. • Puerto inhabilitado administrativamente. • La red en anillo se ha encontrado con una rara falla de red parcial o rápida condición de fallo de anillo, y esta toma es el supervisor activo (LINK 2).
	Verde	<p>Una de estas condiciones existe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puerto RJ45: existe un enlace de 100 Mbps (<i>full o half duplex</i>), y no hay actividad. • Puerto de fibra: existe un enlace de 100 Mbps (<i>full duplex</i>), y no hay actividad. • La red de anillo funciona normalmente, y esta toma es el supervisor activo (LINK 2).
	Verde parpadeante	Existe un enlace de 100 Mbps y hay actividad.
	Amarillo	<p>Solo puerto RJ45. Una de estas condiciones existe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existe un enlace de 10 Mbps (<i>full o half duplex</i>). • La red de anillo funciona normalmente, y este toma es el supervisor activo (LINK 2)
	Amarillo parpadeante	Solo puerto RJ45. Existe un enlace de 10 Mbps y hay actividad

Continuación de la tabla XVIII.

OK	Apagado	El módulo o no esta alimentado o no está bien insertado en el chasis.
	Verde parpadeante	El módulo no está correctamente configurado.
	Verde	El módulo está funcionado correctamente
	Rojo parpadeante	La falla recuperable, como la dirección IP duplicada detectada, o una actualización en proceso, es detectado.
	Rojo	Detectado error no-recuperable.

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

El *Device Port*, es un puerto que permite utilizarse para varias funciones una de ellas es para incorporar otros dispositivos que trabajan con el protocolo EtherNet/IP, depuración del dispositivo, analizador tráfico de red, funciones útiles para usos prácticos de la red.

Tabla XIX. **Especificaciones técnicas módulo 1783-ETAP1F**

Especificaciones técnicas módulo 1783-ETAP1F	
Atributo	Descripción
Puertos de comunicación	Módulo EtherNet/IP <ul style="list-style-type: none"> • 2 puertos cobre • 1 puerto de fibra
Consumo corriente	200mA
Fuente de alimentación DC	24V DC
Consumo de potencia	4.8W
Conector Ethernet	RJ 45 acorde a IEC 60603-7, 2 o 4 pares Categoría 5e o categoría 5
Conector de alimentación DC	Uno $0.3...3.3\text{mm}^2$ (22...12AWG) o $0.33...1.3\text{mm}^2$ (22...16AWG) a 75°C
Tipo transreceptor de fibra	100Base-FX IEEE802.3u
Conector de fibra	62.5/125 μm y 50/125 μm fibra multimodo <i>simplex</i> o <i>duplex</i>
Tipo de conector	Conector IEC 61754-20 LC, máxima pérdida por inserción 0.75 dB por conector
Distancia máxima de canal	2 Km

Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf> [Consulta: marzo de 2018].

En la tabla XX se muestran algunos valores importantes por considerar como información general para este módulo.

Es importante tomar en cuenta las especificaciones técnicas del módulo al momento de analizar conectores y medio de propagación para aplicar los cambios necesarios a los elementos anclados a la red y que no se vean afectados.

Una de las verificaciones por realizar son los conectores y cables, la finalidad es descartar o reducir fallos eventuales causado por los medios físicos.

Los DIP *switch* o micro interruptores del módulo ETAP1F, existen algunas combinaciones de posición de los micro interruptores que permiten configurar este dispositivo, tales como restablecer el dispositivo a configuraciones iniciales de fábrica. Estas combinaciones también permiten que la dirección IP se configure según los requerimientos de los parámetros de red a la que se incorpora el dispositivo.

El *firmware* que posee la tarjeta 1783-ETAP1F es “2.002”, en principio no sería necesaria una actualización del *firmware*, ya que actualmente viene de fábrica con el correcto, el cual soporta la configuración de supervisor.

Esta tarjeta está instalada en la red DLR la cual es la que incorpora dispositivos que soportan el protocolo EtherNet/IP a la red DLR.

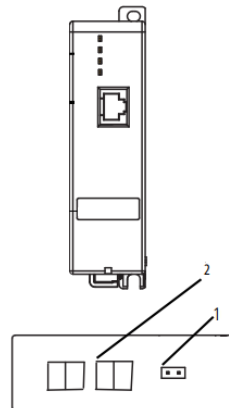
Cabe mencionar que para propósitos de la propuesta de disponibilidad de la red DLR el módulo 1783-ETAP2F utiliza dos puertos de red de fibra óptica, facilitando un anillo redundante.

Las características de interruptor son idénticas para el módulo ETAP1F y el módulo ETAP2F con la diferencia de los puertos que utiliza para conectarse a una red de anillo o lineal.

El ETAP1F utiliza un puerto Ethernet y un puerto de fibra óptica para conectarse a una red anillo o lineal.

El ETAP2F utiliza dos puertos de fibra óptica para realizar esta conexión. La siguiente figura muestra la parte frontal y vista inferior del ETAP2F.

Figura 104. **Puertos módulo ETAP2F**



Fuente: < http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf > [Consulta: marzo de 2018].

La siguiente tabla describe las numeraciones de la figura 104.

Tabla XX. **Descripción de la numeración de la figura 104**

Componentes del Módulo 1783-ETAP2F	
Actividad	Descripción
1	Conector DC
2	Puertos para conexión a red lineal o en anillo. • Dos puertos de conexión fibra óptica

Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf> [Consulta: en marzo de 2018].

4.3. Métodos para configuración de módulos 1756-EN2TR y tomas 1783-ETAP1F

Los métodos utilizados para configurar los módulos 1756-EN2TR y 1783-ETAP1F son:

- Software RSLogix 5000
- Software RSLinx Classic

Se emplea cualquiera de estos programas para llevar acabo algunas modificaciones y analizar algunos parámetros útiles para este proyecto.

Las siguientes configuraciones son útiles para efecto de este proyecto con la ayuda de RSLinx y RSLogix se puede configurar en cada módulo:

- Habilitar módulo como supervisor
- Establecer valor de precedencia en módulo supervisor
- Valores de baliza de cada supervisor
- Velocidad de transmisión del nodo

Además de estas configuraciones se puede monitorear y recuperar información de diagnóstico de la red mediante los dispositivos con capacidad de supervisión de red, utilizando el software de comunicación, el software de programación, mediante la página web de dispositivo o instrucción MSG.

4.3.1. Configuración nodo supervisor de anillo activo

La infraestructura de la red del área de molinos está configurada con un nodo supervisor activo y nodos de red, estos dispositivos están configurados según los requerimientos de red, y para ello se puede hacer uso del software de comunicación o programación RSLinx Classic y RSLogix 5000.

Antes se indica los pasos requeridos para lograr configurar el módulo 1756-EN2TR como supervisor activo con un valor de precedencia alto, hay que señalar como está configurado este módulo en la red de molinos, tanto para el tándem A y B:

- El módulo fue añadido a la carpeta I/O, como proyecto en el software de programación RSLogix 5000 o al árbol de red de RSLinx.
- La configuración de puertos IP, Mascar de red, Gateway. Fue asignada según los requerimientos de red.
- Modo supervisor activo de red activada.

Estos pasos fueron realizados al momento de la construcción y configuración de la red DLR, por esta razón se indicara de forma breve los pasos que se deben de seguir después de haber añadido el módulo 1756-EN2TR al programación RSLogix 5000 o RSLinx, también se indicarán los pasos necesarios para que este módulo quede configurado como un supervisor activo y permita añadir dos supervisores más a la red.

Método RSLinx: con la ayuda del software de comunicación RSLinx Classic, se puede asignar un valor de precedencia estricto que permitan un arreglo en la red DLR, tales como configuración de un supervisor de respaldo.

RSLinx permite observar que elementos están instalados en la red Ethernet, las propiedades, estadísticas, diagnóstico y configuración de los dispositivos que se comunican.

En función a la necesidad de que se cuente con un supervisor activo y que este no cambie cuando se incorporen los dos supervisores de respaldo que se pretende incorporar.

Se procede a indicar que parámetros se modificaran y la razón de esta configuración.

Debido a que el módulo ya está agregado al software de comunicación procedemos a efectuar los cambios necesarios.

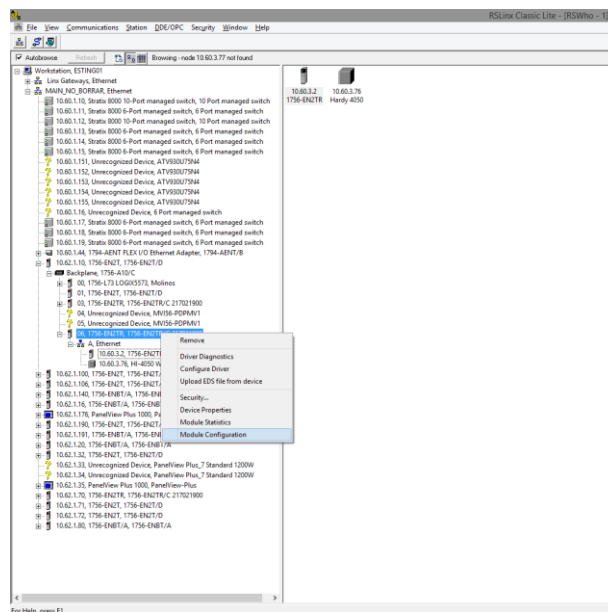
La dirección IP que está establecida en la red DLR para este módulo 1756-EN2TR no tendrá ninguna variación.

Por medio del software RSLinx se modificarán otros parámetros, en el menú del software se selecciona RSWho. Para tener una lista de todos los elementos que se comunican con este software y este desplegará los elementos de la red Ethernet.

Luego seleccionamos el módulo 1756-EN2TR este módulo es el supervisor activo en la red DLR de molinos tándem B.

Al seleccionar el módulo con el *mouse* se oprime clic derecho y se marca *Module Configuration*, tal como se muestra en la figura 105.

Figura 105. Lista de elementos del árbol de red desde RSLinx Classic



Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar los pasos anteriores aparecerá un cuadro en donde se configuran varios parámetros para el módulo anclado a la red DLR. Para

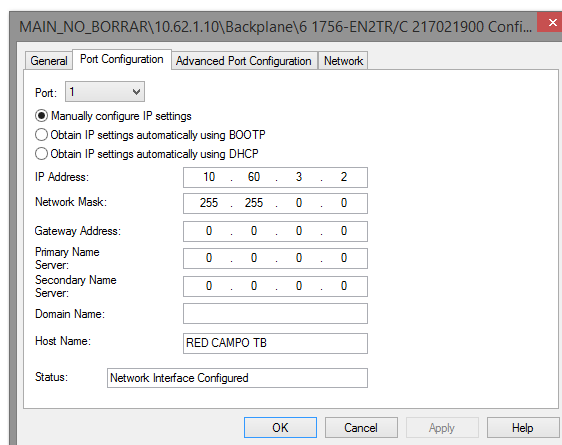
valores de IP y *Network Mask* ya establecidos con *Manually configure IP settings*, no se modifican.

Estos campos se establecieron al momento de la construcción de la red, los cuales fueron llenados apropiadamente con los parámetros de la red a la que pertenece, estos campos son:

- En el campo *IP Address*, dirección IP
- En el campo *Network Mask*, dirección de máscara de red
- En el campo *Gateway Address*, dirección de *Gateway*
- En el campo *Primary Name Server*, dirección IP DNS primario
- En el campo *Secondary Name Server*, dirección IP DNS secundario
- En el campo *Domain Name*, nombre de dominio
- En el campo *Host Name*, nombre de anfitrión

La figura 106 muestra la configuración del puerto del módulo EN2TR.

Figura 106. **Configuración dirección IP módulo 1756-EN2TR**



Fuente: elaboración propia.

Se puede restablecer la dirección IP del módulo 1756-EN2TR que está configurado en esta red si se requiere al valor predeterminado de fábrica mediante el siguiente método:

- Interruptores giratorios, establecer los interruptores en 888, y desconectar y se vuelve a conectar a la alimentación eléctrica.

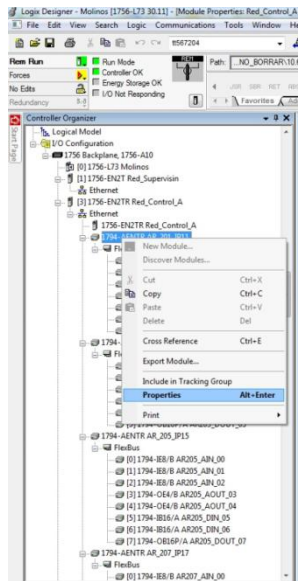
Existen otros métodos como una instrucción MSG pero no se entrará en detalle en este proyecto se hace mención solo para indicar que existe otro método para realizar esta tarea.

Metodo RSLogix: el software RSLogix 5000, es otra herramienta útil para observar y establecer la dirección IP de red para el módulo 1756-EN2TR y configurar parámetros necesarios para que siga siendo el supervisor activo de la red DLR.

En la configuración I/O se selecciona el módulo de red, haciendo clic con el botón derecho del *mouse* en *1756 backplane* y seleccionando propiedades.

La figura 107 muestra dicha operación.

Figura 107. Propiedades módulo 1756-EN2TR desde RSLogix 5000



Fuente: elaboración propia.

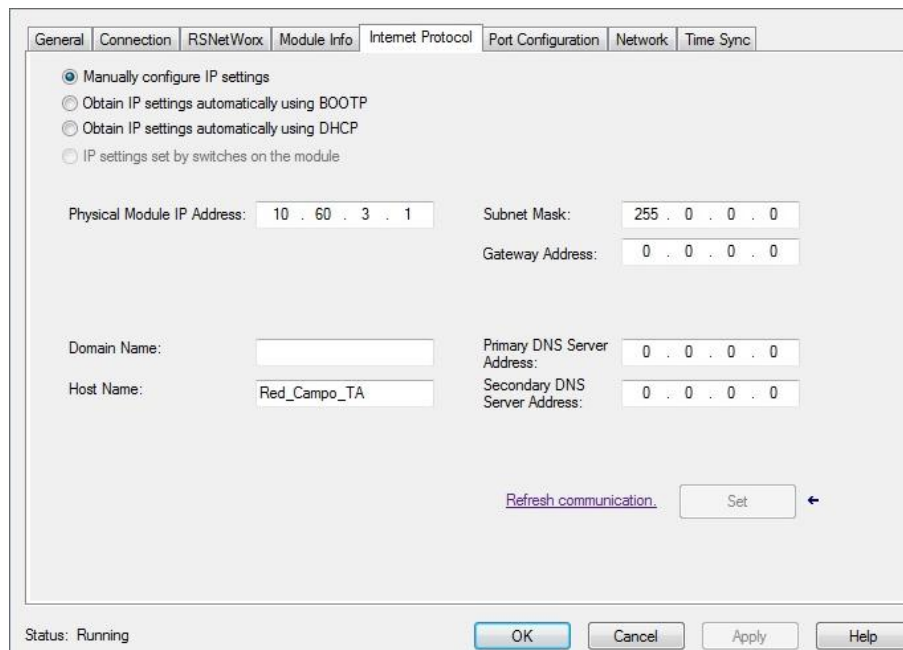
Luego de seleccionar propiedades aparecerá el cuadro de dialogo Module Propieties figura 108, en la ficha *Internet Protocol* aparecerán algunos parámetros tales como:

- La dirección IP
- *Subnet Mask*
- *Gateway Address*
- *Primary DNS server Address*
- *Secondary DNS server Address*
- *Domain Name*
- *Host Name*

Las configuraciones se realizaron por medio de la selección de *Manually configure IP settings*, estos parámetros no se modifican.

Es importante mencionar que modificar dichos valores ocasionaría conflictos entre los nodos de la red por IP duplicada o valores fuera de los rangos de la red.

Figura 108. **Configuración módulo 1756-EN2TR desde RSLogix 5000**



Fuente: elaboración propia.

En los campos de *physical module IP Address* y *subnet mask*, están asignados los valores de la red a la que pertenece el módulo EN2TR, los otros campos no se llenan ya que son opcionales. En su determinado momento, al finalizar la asignación de los parámetros al módulo de red fue necesario aplicar

estos cambios por medio de la selección de Set, enviando esta configuración al módulo.

Al instalar una tarjeta de comunicación Ethernet en una estación de trabajo es indispensable que la dirección IP y otros parámetros de red estén correctamente configurados.

Una vez aclarado como se asignó los valores de IP al módulo y que no se modificó ningún parámetro, procedemos a indicar los pasos necesarios para dejar este módulo como supervisor activo.

Se establece para este módulo los valores de precedencia, ya que es el supervisor activo de la red DLR, con un valor de precedencia 0, cuyo rango va de 0 a 255.

El valor de precedencia seleccionado es de 200, para el módulo 1756-EN2TR supervisor activo, para los dos módulos 1783-ETAP1F que serán los nodos supervisores de respaldo, los valores serán de 150 y 100 respectivamente.

El orden de los valores se escogió al azar, respetando que el módulo supervisor activo tenga asignado un valor alto en comparación de los módulos que serán supervisores de respaldo.

Existen dos formas de proceder para configurar los valores de precedencia para este módulo, por medio del software RSLinx Classic o RSLogix 5000.

Para asignar estos valores a ambos módulos de red para el tándem A y B se utilizara RSLogix para configurar el módulo de red para el tándem A y RSLinx para configurar el módulo de red del tándem B, los siguientes pasos se utilizan para ambos programas:

- Acceder al software de programación RSLogix 5000 o RSLinx
- Buscar y seleccionar el módulo 1756-EN2TR
- Acceder a la configuración del módulo
- En la pestaña *Network* acceder en la opción *Advanced*
- En el cuadro *Advanced Network Configuration*
 - Colocar el valor de 200 en el inbox supervisor *precedence*.
 - Seleccionar Enable IGMP (módulo ETAP1F y ETAP2F)

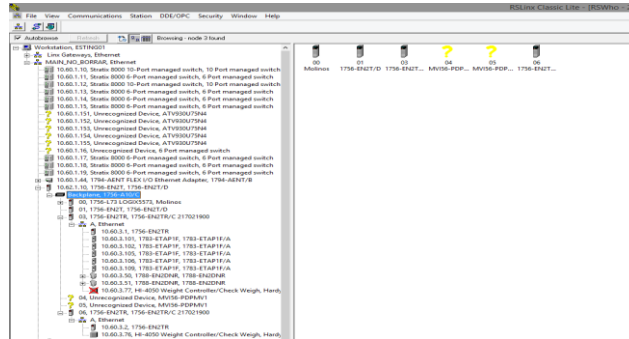
En las siguientes figuras se aprecian los pasos mencionados anteriormente.

Debido a que el módulo 1756-EN2TR está habilitado como supervisor de anillo, no se enfatiza sobre esta configuración, se inspecciona su configuración y se procede a seleccionar el valor de precedencia.

Acceder al programa de comunicación RSLinx Classic: al momento de abrir RSLinx Classic se puede apreciar los elementos de red de nuestro interés, red de molinos.

La figura 109 muestra los elementos de red desde RSLinx.

Figura 109. **Árbol de red RSLinx Classic**



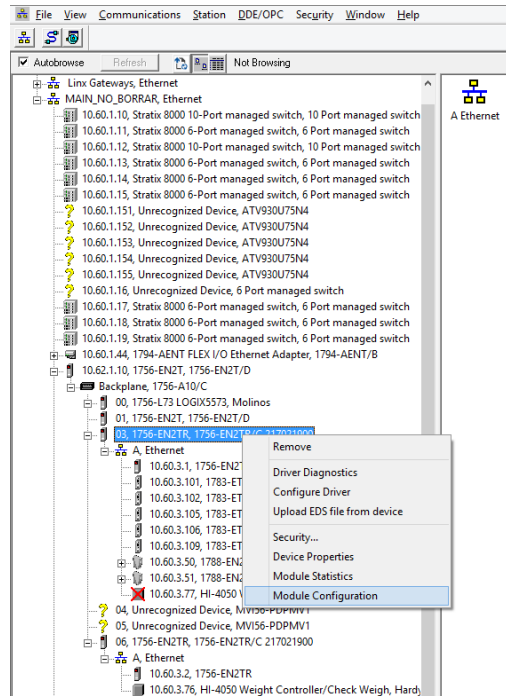
Fuente: elaboración propia.

La figura 109 muestra el árbol de red, donde se encuentra el controlador 1756-L73 LOGIX5573, el módulo de red 1756-EN2TR y el módulo 1783-ETAP1F, elementos de la red DLR del área de molinos.

Buscar y seleccionar el módulo 1756-EN2TR: al navegar por el árbol de red, se encontrarán los módulos a los cuales necesitamos acceder y configurar.

La figura 110 muestra el módulo de red 1756-EN2TR, nodo supervisor activo actual de la red DLR, seleccionando *Module Configuration*; se accede para configurarlo.

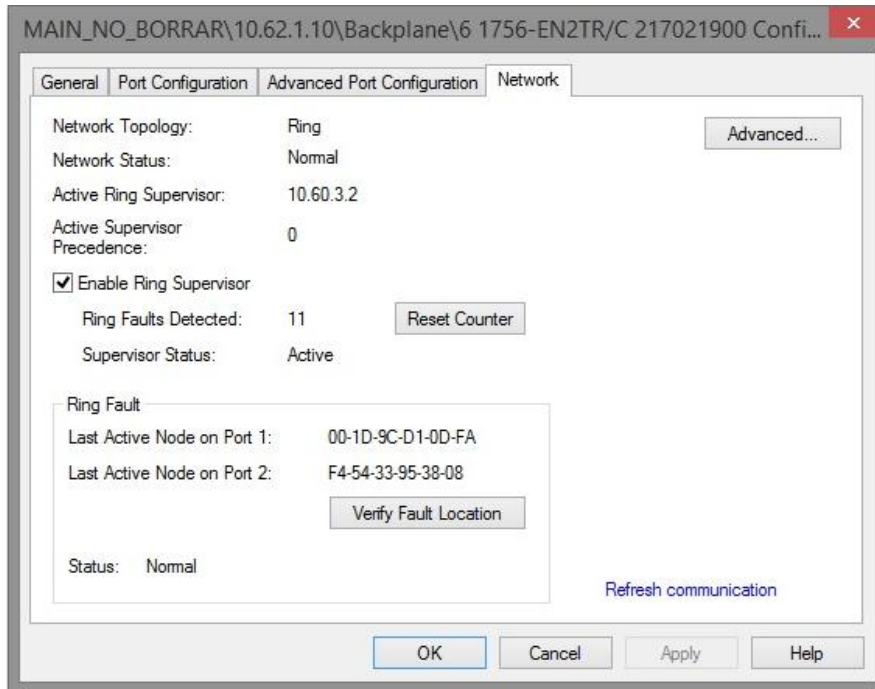
Figura 110. Configuración módulo 1756-EN2TR desde RSLinx Classic



Fuente: elaboración propia.

Acceder a la configuración del módulo: al momento de acceder a la configuración y seleccionar la pestaña de *Network*, se podrá seleccionar la opción *Advanced*.

Figura 111. **Cuadro *Network* módulo 1756-EN2TR desde RSLinx Classic**



Fuente: elaboración propia.

La figura 111 muestra el cuadro *Network* en donde se puede observar la configuración y estado del módulo en la red.

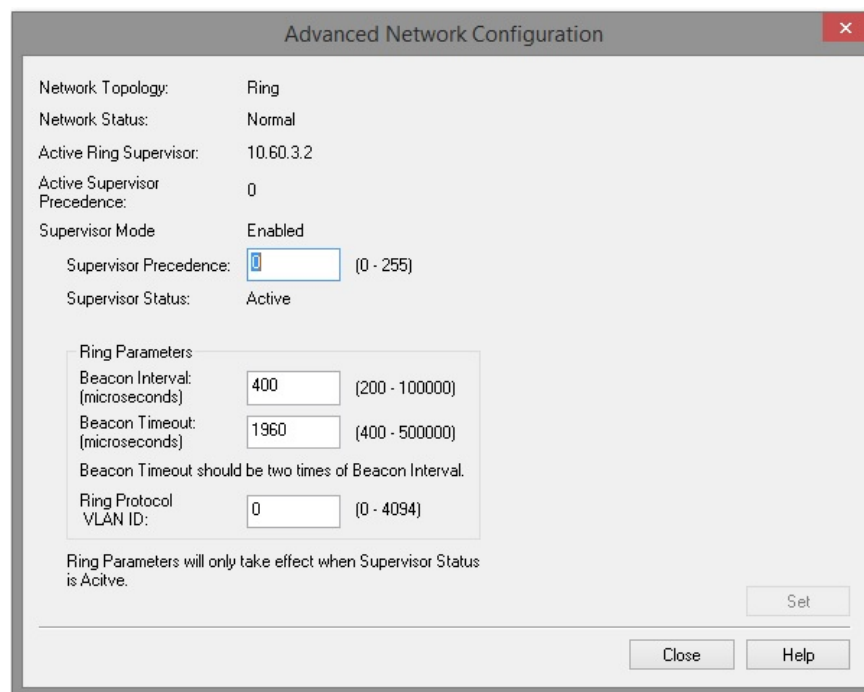
El estado de la red y algunos parámetros más se analizarán más adelante, dejando en estos párrafos solo los métodos de configuración necesarios para establecer un supervisor activo por medio del valor de precedencia.

En la pestaña *Network* acceder en *Advanced*. Al seleccionar la opción *Advanced*, se tendrá acceso a la configuración avanzada de la red.

En el cuadro *Advanced Network Configuration* se cambiará el valor de precedencia.

Estos pasos se realizaran para efectuar los cambios necesarios para nuestro proyecto, se modificara el valor de precedencia, el valor actual es de 0, el nuevo valor será de 200 este valor está dentro del rango tolerado, permitiendo que este módulo siga siendo el supervisor activo.

Figura 112. **Configuración avanzada de la red, desde RSLinx Classic**



Fuente: elaboración propia.

Con el valor asignado de precedencia de 200, este módulo sigue siendo el supervisor activo en la red.

La opción Set se resaltara y habrá que seleccionarla para que los efectos se carguen al módulo 1756-EN2TR. Por medio de RSLinx Classic se asigna al módulo del tándem B el valor de precedencia.

Los parámetros de anillo tanto *Beacon Interval*, *Beacon Timeout* y el protocolo de anillo VLAN ID, no se modifican, para evitar afectar negativamente el rendimiento de la red, estos valores se optimizan para una red con:

- 50 o menos nodos en la red.
- Todos los nodos operando a 100 Mbps y en el modo *full-duplex*.
- Por lo menos 50 % del ancho de banda del tráfico de la red es tráfico Ethernet/IP.

Los parámetros de dirección IP, *Subnet Mask*, habilitan al supervisor de anillo, valor de precedencia, valores de *Beacon* y otros.

Estos valores son indispensables para que el módulo esté anclado a la red correctamente como supervisor activo, aunque no son los únicos valores que influyen al momento de configurar el módulo 1756-EN2TR, se debe tomar en cuenta los ajustes de puerto para no tener conflictos de comunicación entre elementos que conforman la red.

Hay que considerar ciertas configuraciones de puerto para que el módulo no cree ningún error de transmisión, estas son las consideraciones por tomar en cuenta:

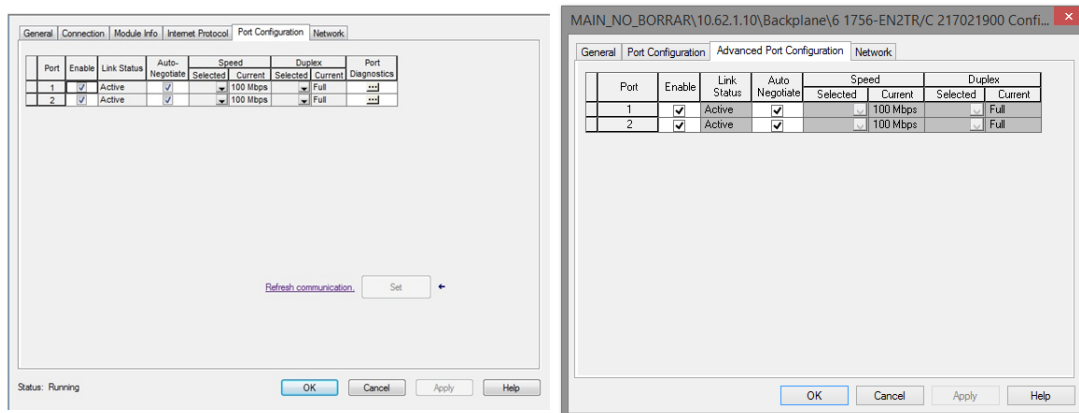
- Los ajustes de velocidad y dúplex de los dispositivos de la misma red Ethernet deben coincidir para evitar errores de transmisión.
- Los ajustes de velocidad fija y dúplex completo son más confiables que los de negociación automática y se recomiendan para algunas aplicaciones.

- Si el módulo está conectado a un interruptor no administrado, dejar las opciones *Autonegotiate port speed* y *Dúplex* seleccionadas; de lo contrario, la comunicación puede verse afectada.
- Si fuerza la velocidad de puerto y el modo dúplex con un *switch* administrado, el puerto correspondiente del *switch* administrado deberá forzarse con los mismos ajustes. De lo contrario, el módulo falla.
- Si conecta un dispositivo configurado manualmente a un dispositivo con negociación automática (disparidad de dúplex), puede producirse un alto índice de errores de transmisión.

Estas consideraciones se verifican para cada módulo del tándem A y B, configuraciones avanzadas del puerto o configuración de puerto, para que cumplan las consideraciones de transmisión.

La figura 113 muestra las configuraciones del puerto para el módulo del tándem B.

Figura 113. **Ajustes de puertos módulo EN2TR tándem B**



Fuente: elaboración propia.

Método RSLogix 5000: se emplea este programa para llevar a cabo algunas modificaciones y analizar algunos parámetros útiles para este proyecto.

Los siguientes pasos se utilizan para asignar un valor de precedencia para el módulo del tándem A.

Estos pasos son los mismos que se efectuaron para asignarle un valor de precedencia al módulo de red del tándem B.

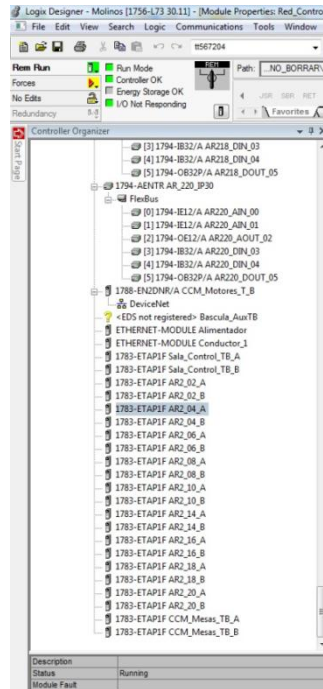
Por medio de RSLogix se asignara un valor de precedencia para el módulo EN2TR del tándem A

Acceder al programa RSLogix: antes de hacer uso del este software se requiere cargar el proyecto Molinos.ACD utilizando la herramienta *factory talk AssetCentre*, este programa carga las características a RSLogix para acceder a la pantalla desde RSLogix donde se encuentra el árbol de red que incluye los elementos de red, dentro de RSLogix se selecciona *Run Mode*, para efectuar los cambios requeridos en el proyecto. Los cambios que se pueden efectuar en RSLogix son los mismos que se emplearon en RSLinx.

El valor de precedencia, velocidad de puerto, son las configuraciones que se asignarán y verificarán respectivamente.

Al momento de abrir RSLogix se aprecian los elementos de red, en la red de molinos.

Figura 114. **Árbol I/O programa RSLogix 5000**

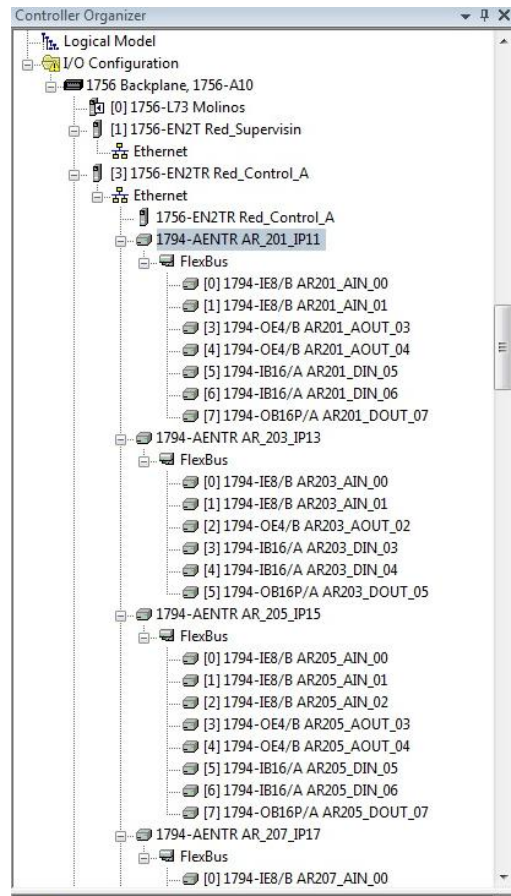


Fuente: elaboración propia.

La figura 114 muestra el árbol I/O de configuración para el programa RSLogix 5000 en donde esta agregado el módulo EN2TR que se configurará con un valor de precedencia de 200.

Los módulos aparecen en la sección *Controller Organizer*, tal y como se observa en la figura 115.

Figura 115. **Contoller Organizer RSLogix**

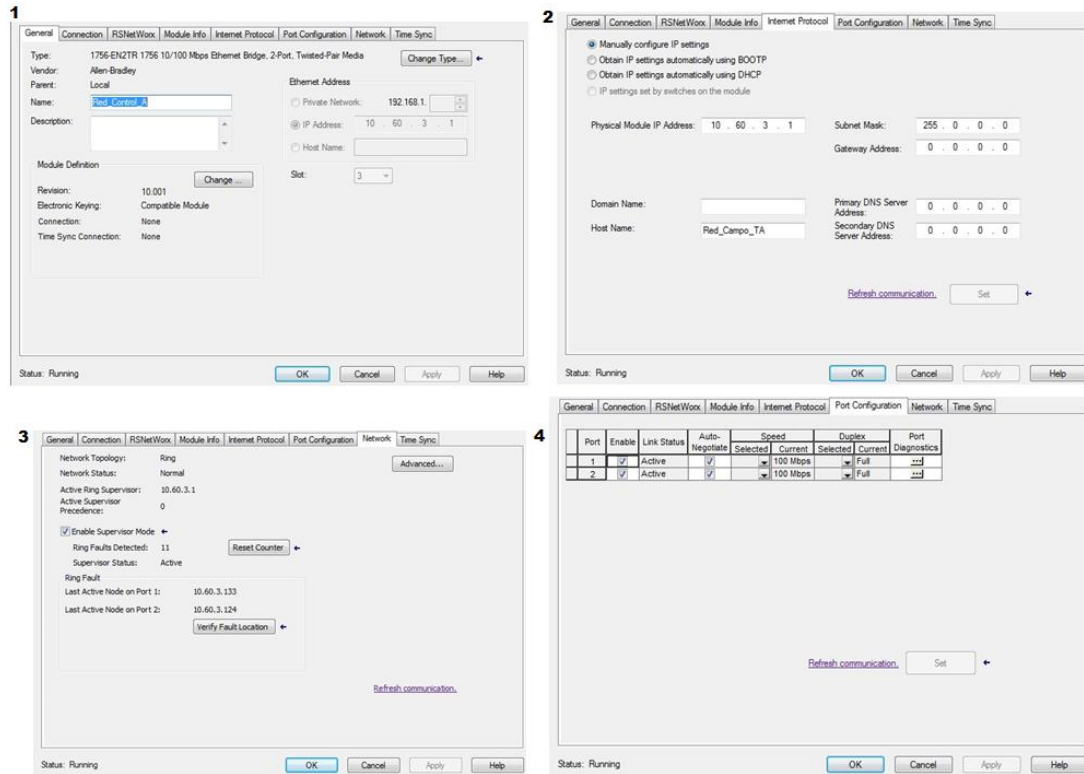


Fuente: elaboración propia.

La figura 115 muestra el módulo de red 1756-EN2TR con el nombre Red_Control_A, el cual es el nodo supervisor activo actual de la red DLR, este se selecciona para configurarlo.

Se empezará por ver las características de este módulo desde RSLogix, con el objetivo de verificar la configuración de puerto, datos del módulo, internet Protocol y la sección *Network*.

Figura 116. Configuración módulo 1756-EN2TR



Fuente: elaboración propia.

La figura 116 muestra las características ya mencionadas para el módulo 1756-EN2TR.

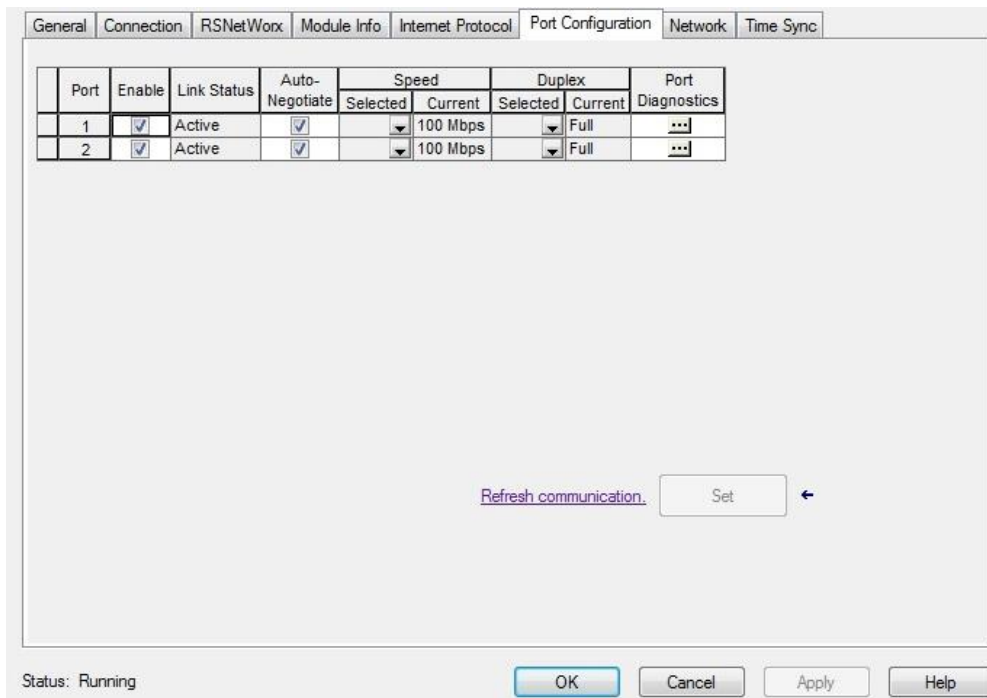
Para la figura 116 parte 2 se observa la dirección IP física del módulo y *Subnet Mask* estos valores no se cambiarán, debido a que estos valores son los que se configuraron cuando se estableció la red.

Los parámetros que permiten obtener un óptimo rendimiento de la red son los valores de velocidad de puerto, estos parámetros deben estar configurados

iguales para todos los módulos que pertenecen a la red de molinos ambas tándem A y B.

La figura 117 muestra la configuración de puerto para el módulo 1756-EN2TR, estos se verificarán de igual forma para los módulos 1783-ETAP1F.

Figura 117. **Cuadro *Port Configuration***

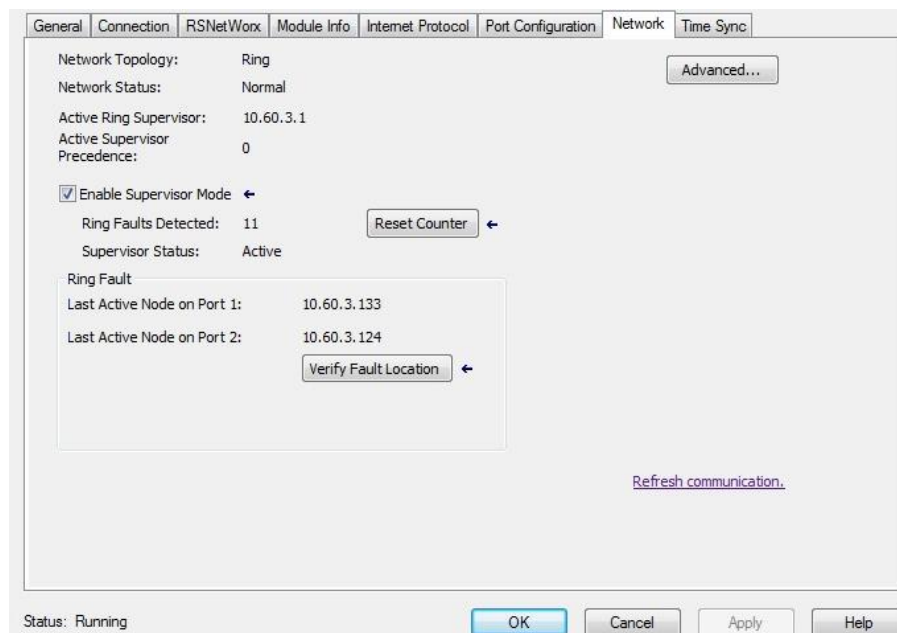


Fuente: elaboración propia.

En la figura 118 se puede observar el cuadro *Network*, el cual se analizará ya que en esta parte es en donde se puede acceder para configurar este módulo como supervisor activo.

Los pasos son similares a los efectuados con RSLinx, esto permite analizar cada nodo de forma más estricta, para lograr verificar la configuración idónea de todos los nodos pertenecientes a la red DLR.

Figura 118. **Cuadro Network**



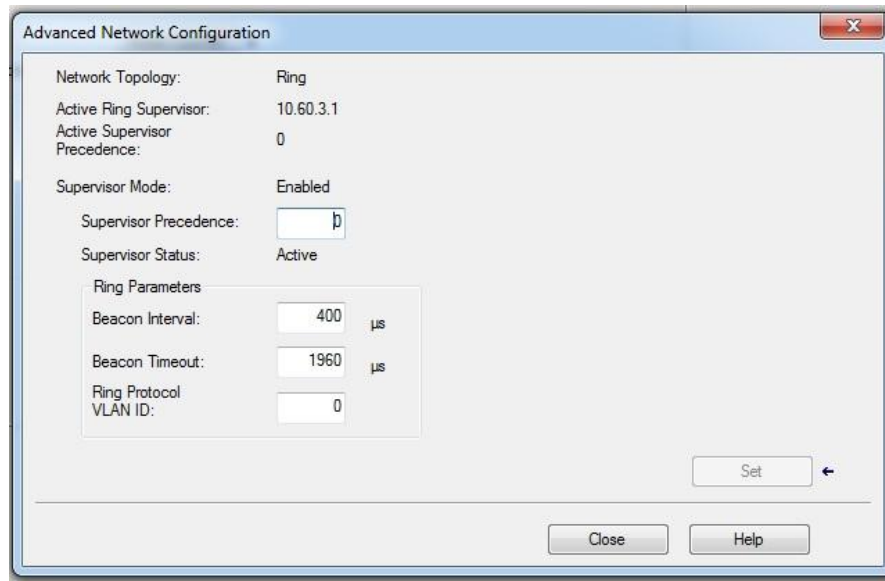
Fuente: elaboración propia.

Seleccionando el cuadro de *Advanced Configuration* (ver figura 119), en este cuadro se asigna un valor de precedencia para el módulo EM2TR.

Para este módulo se mencionó que el valor de precedencia será de 200 permitiendo que este módulo quede configurado como supervisor activo.

Como se indicó anteriormente, los valores *Beacon Interval*, *Beacon Timeout* y *Ring Protocol VLAN ID* no se modificarán para no afectar los rendimientos de la red.

Figura 119. **Cuadro *Advance Configuration* 1756-EN2TR**



Fuente: elaboración propia.

Al momento de asignar el valor de precedencia al módulo 1756-EN2TR de la red del tándem A, cabe mencionar que cada vez que se modifique algún valor en la caja de precedencia que es este caso, se debe seleccionar el botón Set para que los cambios tengan efecto.

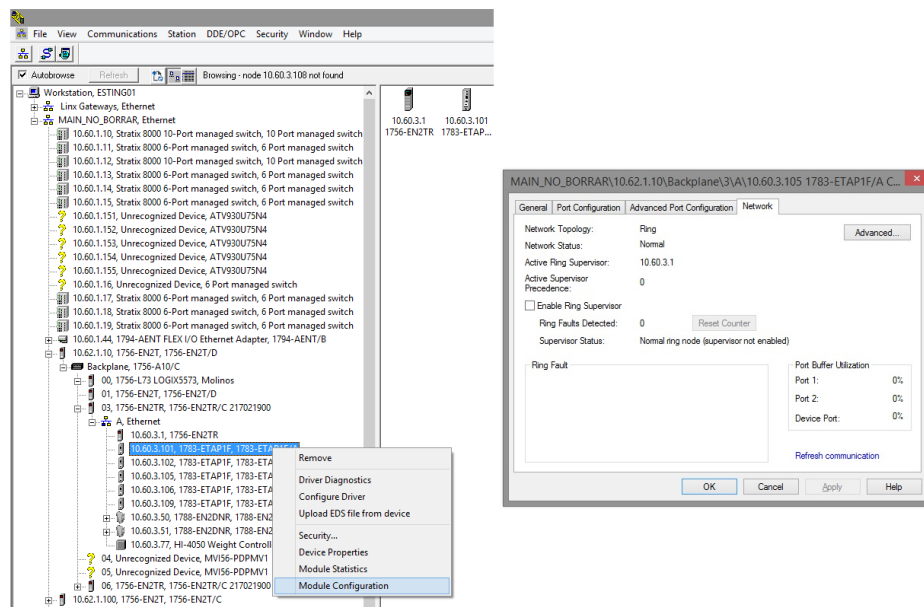
4.3.2. Configuración nodo supervisor de respaldo

El módulo 1783-ETAP1F soporta la configuración de supervisor de anillo, por medio de RSLogix o RSLinx se puede habilitar esta función. Es de suma importancia conocer estos pasos ya que serán los pasos por seguir en este proyecto, debido a que se propone configurar dos módulos como supervisor de respaldo, hay que configurar supervisores de respaldo para ambas redes.

Se dispone a utilizar RSLinx para configurar los dos supervisores de respaldo para la red del tándem B.

Accediendo al programa RSLinx y seleccionando un módulo 1783-ETAP1F ingresamos a la configuración del módulo para realizar los cambios necesarios para habilitarlo como supervisor de respaldo la figura 120 muestra lo mencionado.

Figura 120. Configuración primer supervisor de respaldo módulo 1783-ETAP1F red tándem B

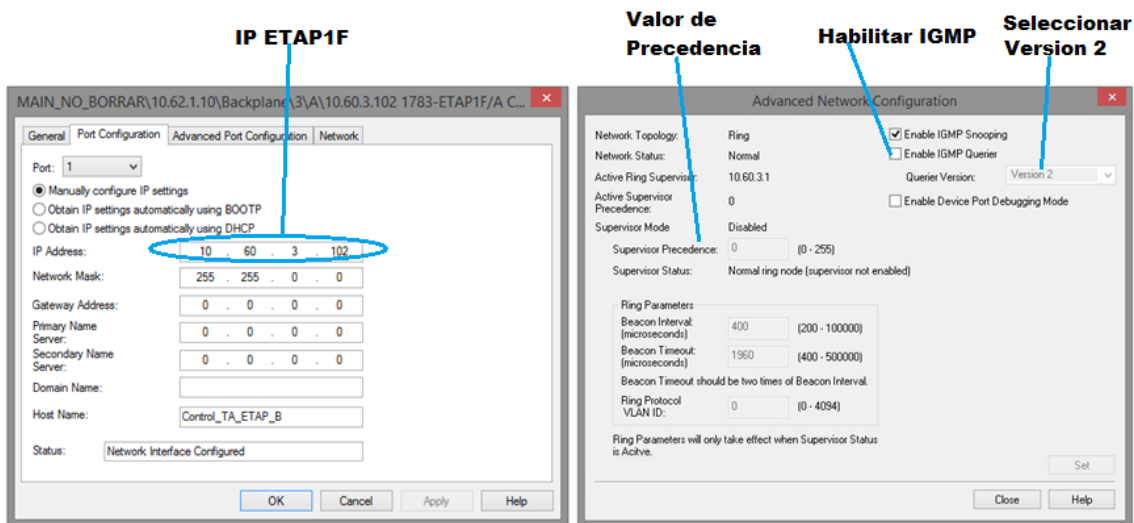


Fuente: elaboración propia.

Se observa el cuadro derecho de la figura 120 que este módulo no está habilitado como supervisor de anillo, debido a esto se selecciona el cuadro *Enable Ring Supervisor* para que este módulo este habilitado como supervisor de anillo.

Seleccionando el botón *Advanced*, se muestra el cuadro configuración avanzada de red.

Figura 121. **IP y configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, primer supervisor de respaldo red tándem B**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 121, en la parte *Supervisor Precedence* se asignará un valor igual a 150 para este módulo con la dirección IP 10.60.3.102

Se habilitará el protocolo IGMP *Querier*, dejando seleccionada la versión 2.

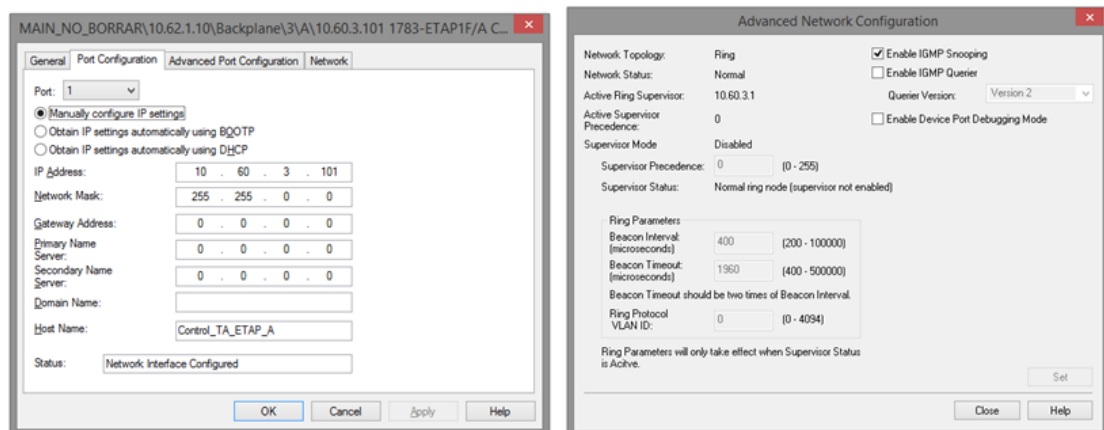
Si no se habilita la funcionalidad IGMP *Querier* por lo menos para un nodo en la red, el tráfico multidifusión en la red puede eventualmente crear problemas de rendimiento de la red.

Para configurar el otro módulo como supervisor de respaldo se efectuaran los mismos pasos que se realizaron para el primer módulo desde RSLinx.

Ubicados en las configuraciones avanzadas de la red para el módulo con la dirección IP 10.60.3.101 se asigna un valor de precedencia de 100, para que este se convierta en el segundo supervisor de respaldo para la red del tándem B.

La figura 122 muestra los cuadros, los valores y los parámetros que permite configurar el módulo ETAP1F.

Figura 122. IP y configuración avanzada de red para el módulo ETAP1F, segundo supervisor de respaldo red tándem B

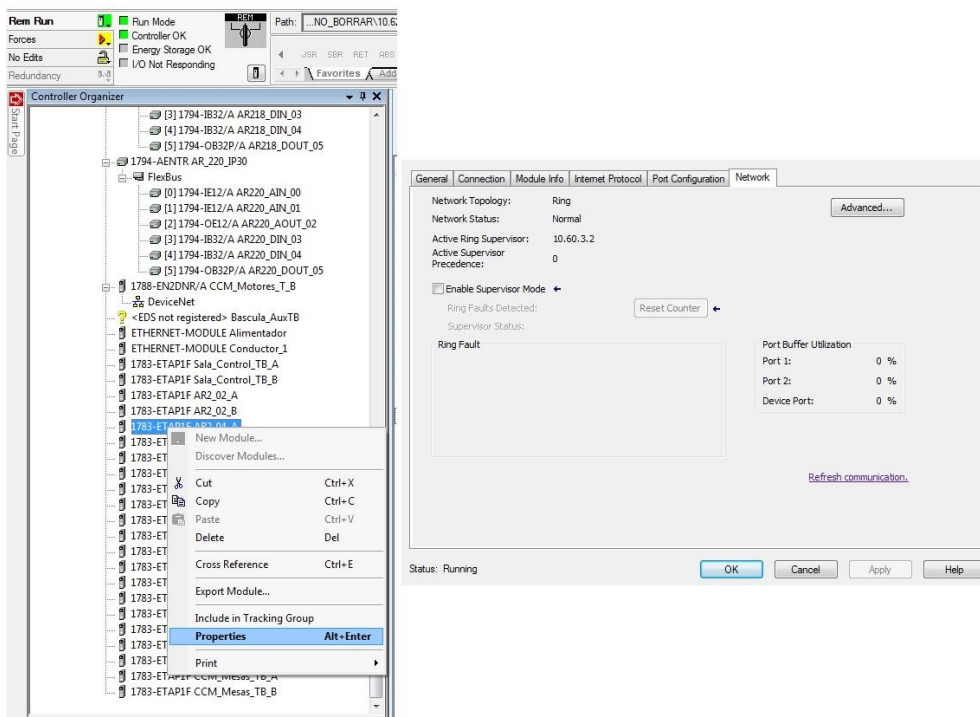


Fuente: elaboración propia.

Para configurar los módulos como supervisores de la red del tándem A se utiliza RSLogix.

Accediendo a RSLogix se busca y se accede a las propiedades para el primer módulo, tal como se muestra en la figura 123.

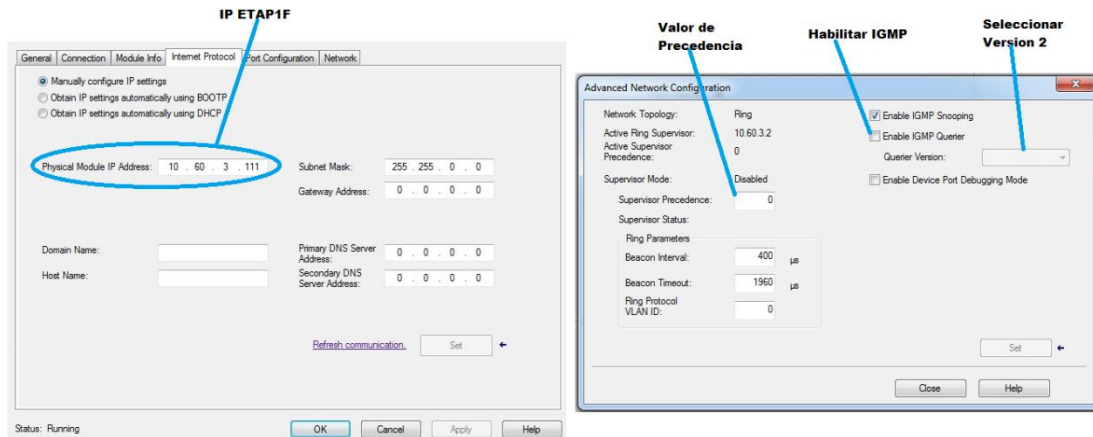
Figura 123. **Configuración primer supervisor de respaldo módulo 1783-ETAP1F red tándem A**



Fuente: elaboración propia.

Al observar la parte derecha de la figura 123, se observa que este módulo no está configurado como supervisor de respaldo, se habilita como supervisor de anillo y luego se accede a la opción *Advanced*. Para asignarle un valor de precedencia.

Figura 124. **IP y configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, primer supervisor de respaldo red tándem A**



Fuente: elaboración propia.

El valor asignado para el valor de precedencia es de 150 para este módulo.

El módulo que se está configurando como supervisor de respaldo posee una dirección IP 10.60.3.111 la figura 124 muestra lo mencionado.

Para configurar el otro módulo como supervisor de respaldo se efectuarán los mismos pasos que se realizaron para el primer módulo desde RSLogix.

Ubicados en configuración avanzada de la red para el módulo con la dirección IP 10.60.3.112 se asigna un valor de precedencia de 100, para que este se convierta el segundo supervisor de respaldo para la red para el tándem A.

La figura 125 muestra los cuadros, los valores y los parámetros que permite configurar el módulo ETAP1F.

Figura 125. **Configuración avanzada de red para módulo ETAP1F, segundo supervisor de respaldo red tándem A**

Advanced Network Configuration

Network Topology: Ring Enable IGMP Snooping

Network Status: Normal Enable IGMP Querier

Active Ring Supervisor: 10.60.3.1 Querier Version: Version 2

Active Supervisor Precedence: 0 Enable Device Port Debugging Mode

Supervisor Mode: Disabled

Supervisor Precedence: 0 (0 - 255)

Supervisor Status: Normal ring node (supervisor not enabled)

Ring Parameters

Beacon Interval (microseconds): 400 (200 - 100000)

Beacon Timeout (microseconds): 1960 (400 - 500000)

Beacon Timeout should be two times of Beacon Interval.

Ring Protocol VLAN ID: 0 (0 - 4094)

Ring Parameters will only take effect when Supervisor Status is Active.

Set

Close Help

Fuente: elaboración propia.

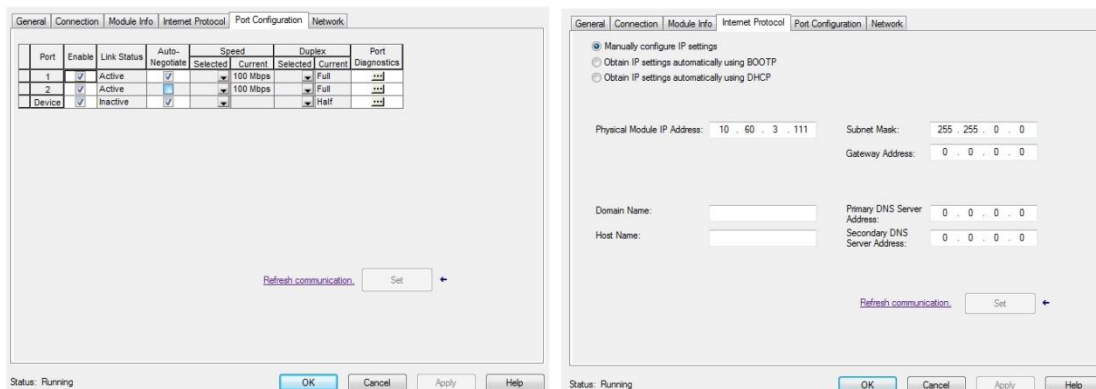
4.3.3. Configuración nodo de anillo

La configuración de un nodo de anillo solo requiere que se le asigne una dirección IP, valores de velocidad de puerto, auto negociación y *full dúplex*.

La dirección IP se estableció cuando se creó la infraestructura de red para el área de molino.

La figura 126 muestra los cuadros en donde están los valores de IP y los parámetros de velocidad ya mencionados.

Figura 126. IP y configuración de puerto nodo de anillo



Fuente: elaboración propia.

Al realizar la inspección de todos los nodos para verificar que la configuración de puerto esté establecida con las mismas características para no afectar el desempeño de la red. se encontró que el puerto 2 de algunos módulos ETAP no tenía configurada la auto negociación. Por esta razón se procedió a seleccionar esta opción en los nodos que no la tenían seleccionada.

4.4. Instalación de dispositivos en una red DLR

En cualquier momento algún dispositivo sufrirá algún desperfecto el cual tendrá que ser reemplazado y para ello se deben seguir algunos pasos para no afectar la operación, si esto ocurre en zafra.

Al momento de añadir un dispositivo a una red DLR hay que tomar en consideración algunos aspectos importantes, para no afectar el desempeño de la red.

4.4.1. Método de instalación de dispositivo

Cuando ocurre un fallo en algún dispositivo de la red se requerirá reemplazar dicho dispositivo y para realizar este cambio se necesita conocer aspectos importantes tales como:

- Localizar el dispositivo que se reemplazara
- Configuración del dispositivo a instalar, IP y velocidad de puerto
- Activar el dispositivo incorporado

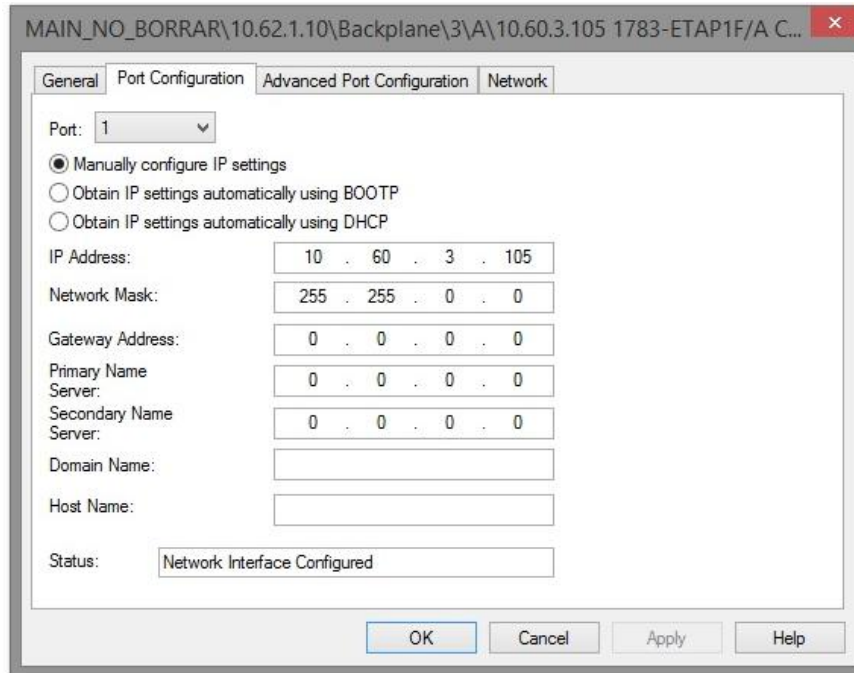
Las configuraciones requeridas para instalar un dispositivo en la red son la dirección IP, la cual debe estar dentro de los valores de la red a la cual se incorpora el dispositivo.

Si el dispositivo que se reemplazará es un módulo ETAP y es un nodo de anillo, tendrá que tener sus tres interruptores en la posición *of* (desactivado).

Para establecer una dirección se puede recurrir a cualquier método ya sea por BOOTP/DHCP, RSLinx o RSLogix.

Seleccionando configuración del módulo desde RSLinx, en la pestaña Internet Protocol se habilita la opción Manualy configure IP tal como los muestra la figura 127.

Figura 127. **Asignación IP módulo ETAP**



Fuente: elaboración propia.

Por medio de este método el módulo ETAP queda configurado como nodo de anillo. Estos métodos permiten asignarle una dirección de máscara de red, necesarios para identificar el módulo en la red a donde se incorporará.

Cuando se asigna el valor de IP al módulo hay que tener en cuenta que los interruptores están en su posición desactivado y en esta posición tendrán que permanecer después que sean incorporado a la red.

Como último paso se configura la velocidad del puerto, para realizar esta configuración ver sección 4.3.

La figura 128 muestra los interruptores del módulo ETAP el cual está operando en la red

Figura 128. **Interruptores módulo ETAP**



Fuente: Pantaleón S.A.

Por último se necesita incorporar o instalar el dispositivo ya configurado a la red, se realizan las conexiones de los puertos y se realiza la conexión de la alimentación del dispositivo.

4.4.2. Consideraciones de configuración

Las consideraciones de configuraciones que se deben tomar en cuenta instalación de un dispositivo son las siguientes:

- Verificación de instalación de conexiones de alimentación
- Verificación de instalación de conexiones de red
- Configuración valor de dirección IP para la red donde se incorpora
- Verificar configuración velocidad de puerto

Las configuraciones se efectúan para cualquier dispositivo que se desea incorporar a la red.

4.5. Puerto del dispositivo

El puerto del dispositivo o *Device Port*, puede utilizarse para varias funciones, una de ellas es para incorporar otros dispositivos que trabajan con el protocolo EtherNet/IP, depuración del dispositivo, analizador tráfico de red, estas son funciones útiles para usos prácticos de la red.

4.5.1. Monitoreo de dispositivo

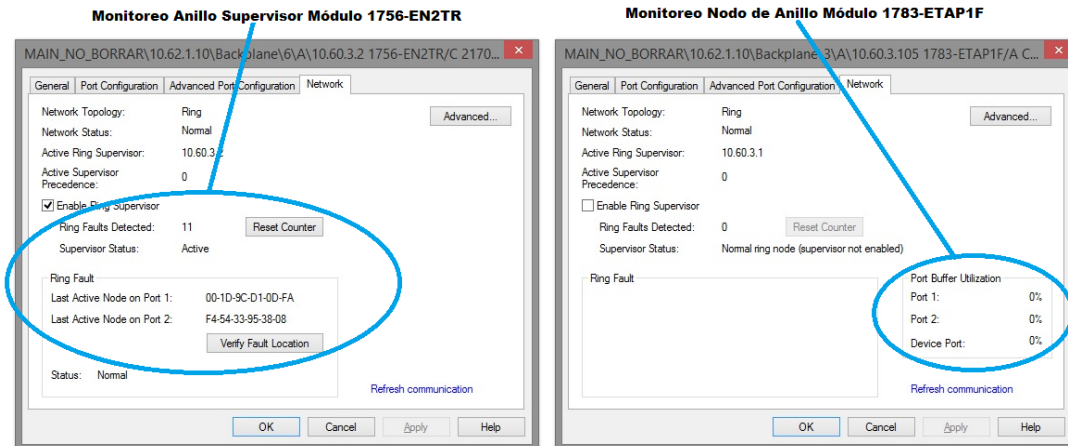
Existen varias maneras de monitorear un dispositivo de red cuyo objetivo de verificar el estado de red en cada nodo.

Se puede recuperar información de diagnóstico de la red mediante los dispositivos con capacidad de supervisión de red usando los siguientes:

- Páginas de estado del software de programación RSLogix 5000
- Páginas de estado del software de comunicación RSLinx
- Páginas web de dispositivo

Por medio de RSLinx se monitorean los dispositivos de red, la figura 129 muestra las características de interés de monitoreo.

Figura 129. **Monitoreo de dispositivo por medio de RSLinx**



Fuente: elaboración propia.

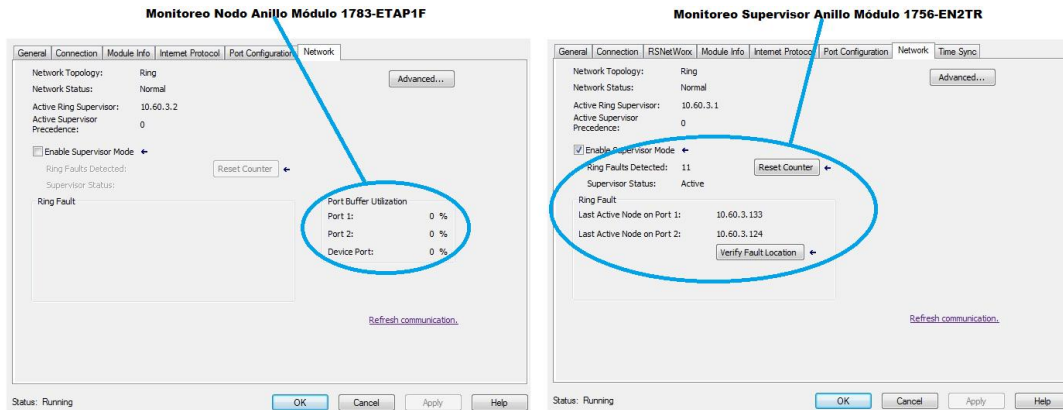
En la figura 129 se observa el estado del dispositivo tal como estado de la red, conteo de fallos, fallas de anillo.

En la parte derecha de la figura 129 se puede observar los porcentajes de tráfico de la red en cada puerto *Port 1*, *Port 2* y *Device Por*. Estos valores podrán ser observados siempre y cuando se verifique y resetee las fallas presentes en los supervisores de anillo, esto aplica exclusivamente a los módulos ETAP1F y ETAP2F.

En la parte fallo de anillo se puede obtener información sobre el último puerto activo antes de la falla, para ambos puertos y la dirección MAC.

Por medio de RSLogix se puede monitorear los dispositivos de red. En la figura 130 se observa los parámetros a monitorear en los dispositivos de red.

Figura 130. Monitoreo de dispositivo por medio de RSLogix



Fuente: elaboración propia.

Por medio de la página web del dispositivo se puede observar o monitorear el dispositivo en la red.

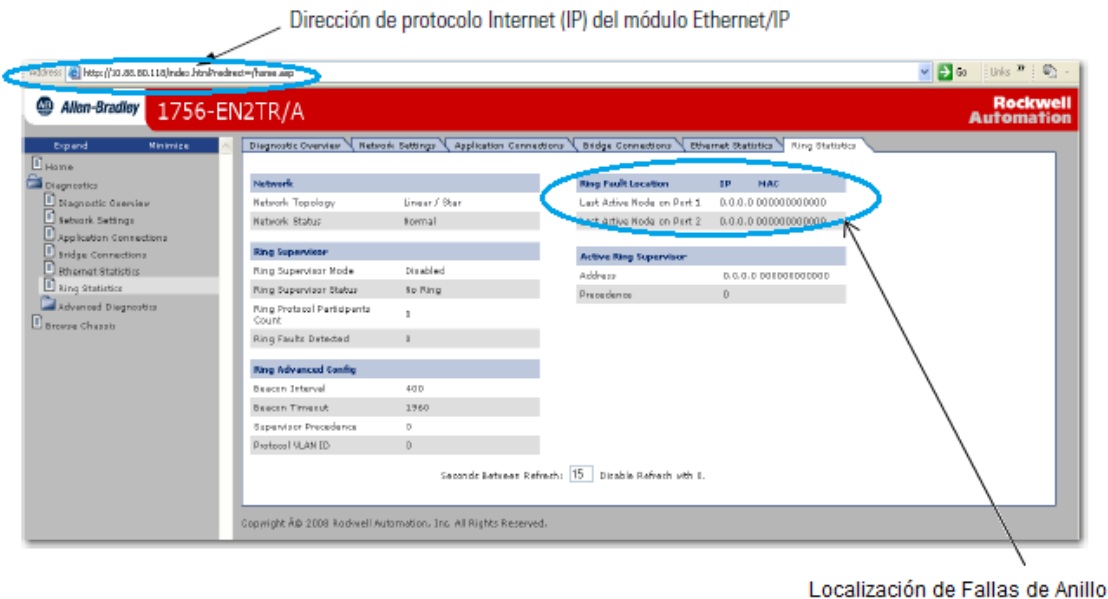
Desde la estación de trabajo instalada en el departamento de ingeniería se puede acceder al dispositivo, ingresando la dirección IP en el navegador de la estación de trabajo tendremos acceso a la página web del módulo.

Con la ayuda de una computadora portátil se realiza la conexión directa al dispositivo a través del *Device Port*, ingresando la dirección IP en el navegador de la computadora portátil.

Se puede acceder a la página web del dispositivo y monitorear cualquier dispositivo. Este procedimiento se puede efectuar a cada módulo que está en la red a lo largo de las instalaciones.

La siguiente figura muestra la página web del dispositivo para observar las estadísticas de anillo para el módulo 1756-EN2TR.

Figura 131. Acceso de la página web del módulo



Fuente: elaboración propia.

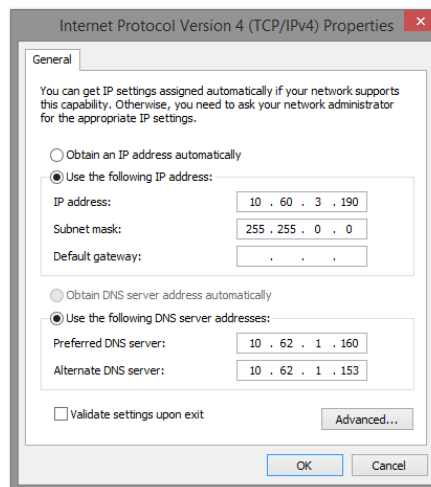
4.5.2. Acceso a página web del dispositivo

En determinadas ocasiones se requerirá acceder al servicio web de los dispositivos, para verificar parámetros u observar fallas en el anillo y localizar los puntos de falla.

Aunque las observaciones del nodo se pueden verificar por medio de cualquiera de los dos programas RSLinx y RSLogix, en determinadas ocasiones requerirá conectarse al módulo de forma directa, por esta razón se especifica cómo se debe proceder.

Al momento de una conexión directa con el módulo en el punto se requiere configurar el adaptador de red de la computadora portátil con una dirección IP dentro del intervalo de la red, la figura 132 muestra lo mencionado.

Figura 132. **Configuración adaptador de red computadora portátil**



Fuente: elaboración propia.

Los valores de IP son los valores a los cuales el módulo está incorporado; la dirección que el adaptador tendrá es la 10.60.3.190 y máscara de subred 255.255.0.0.

Abriendo el navegador de la portátil se ingresa la dirección IP del módulo para visualizar la página web del dispositivo.

El módulo admite una interfaz web que proporciona información de diagnóstico de solo lectura.

Pasos para acceder a la interfaz web del dispositivo.

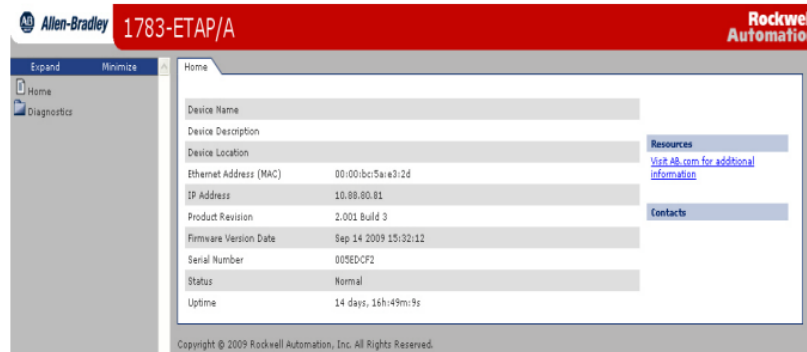
- Conecte una computadora a cualquiera de los puertos Ethernet del módulo.
- Navegando e ingresando la dirección IP del módulo (el valor IP es 10.60.3.101) en el navegador web, barra de dirección para el módulo 1783-ETAP1F.
- Presionando la tecla Enter, verá la página web del módulo 1783-ETAP1F, que proporciona información general sobre el módulo.

En el panel izquierdo, haciendo clic en diagnósticos. Se verán enlaces a estas páginas:

- Descripción general del diagnóstico
- Configuración de la red
- Estadísticas de Ethernet
- Estadísticas del anillo

La siguiente figura muestra la página web del dispositivo para observar las estadísticas de anillo para el módulo 1783-ETAP1F.

Figura 133. Acceso de la página web del módulo



Fuente: elaboración propia.

Por medio de la página web del módulo ETAP se podrá verificar el estado del nodo y el anillo de cada red.

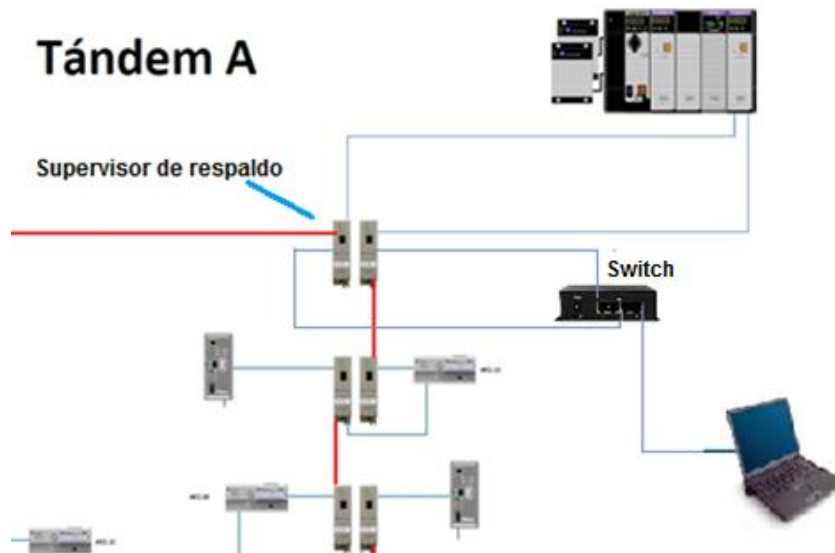
En esta sección se propone añadir un dispositivo a la red DLR, el cual tendrá como propósito que se monitoree los dos supervisores de respaldo configurados para ambas redes.

Instalando dos *switch* Ethernet en el panel de control, donde se encuentra el chasis ControlLogix, ubicado en el cuarto de control, uno para cada red del área de molinos. Este *switch* tendrá como objetivo incorporar los dos supervisores de anillo de cada red, este pequeño ajuste permitirá conectar una computadora al *switch* y acceder a los módulos ETAP's en cada red, facilitando el acceso a la interfaz web de los módulos y poder depurar cualquier módulo configurado como supervisor de respaldo.

Por medio del puerto del dispositivo *Device Port* se conectara los módulos configurados como supervisores de respaldo al *switch*.

La figura 134 muestra la conexión de los módulos hacia el *switch*.

Figura 134. **Diagrama de conexión módulos ETAP´s al *switch* Ethernet red tándem A**



Fuente: Pantaleón S.A.

Esta configuración acceder al módulo para observar las páginas de diagnóstico, teniendo acceso a asistencia técnica mediante navegador web.

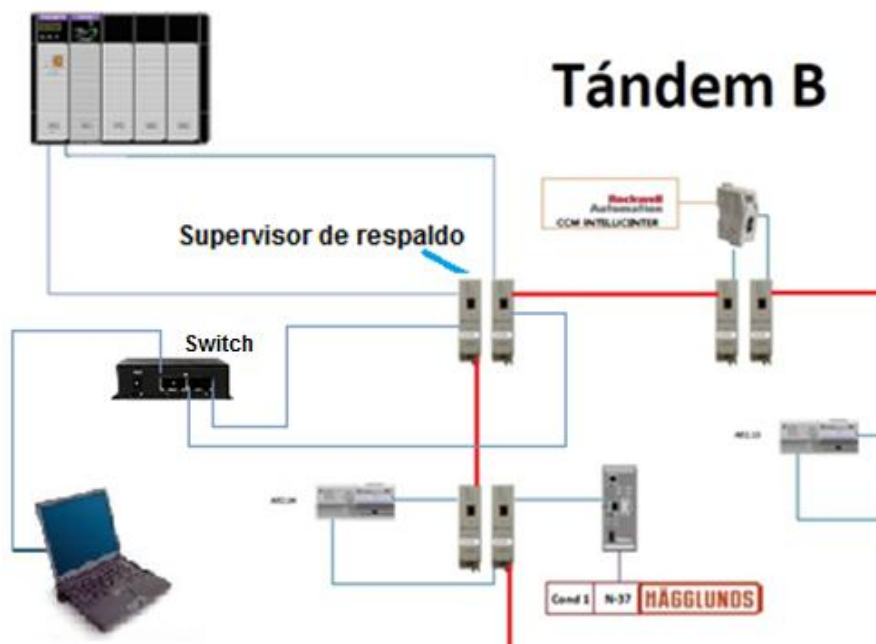
El diagrama de la figura 134 muestra el tramo de la red en la que se propone implementar.

Un *switch* Ethernet, trabaja en la capa 2 del modelo OSI, reconociendo los dispositivos que se conectan al *switch* por medio de su dirección MAC. Permitiendo la conectar los módulos ETAP´s al *switch*.

Utilizar dos *switch*, uno para la red de molinos tándem A y el otro para la red de molino tándem B, permitirá tener conexiones separadas sin crear conflicto.

La figura 135 muestra la configuración del *switch* conectado a los módulos de la red de molinos tándem B.

Figura 135. Diagrama de conexión módulos ETAP's al *switch* Ethernet red tándem B



Fuente: Pantaleón S.A.

La figura 136 muestra el dispositivo y sus conexiones dentro de ambas redes de molinos tándem A y B.

Conociendo la dirección IP de cada módulo que está configurado como supervisor de respaldo podremos tener acceso a los servicios web de cada módulo.

Figura 136. **Switch Ethernet 4 puertos**



Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf> [Consulta: abril de 2018].

La figura 136 muestra el *switch* que proponemos para instalarlo en el panel de control con el fin de tener un acceso rápido a los supervisores de respaldo.

4.5.3. Interpretación de datos de la página web del dispositivo

La página web muestra varios datos importantes tales como los indicados en la sección anterior.

Los enlaces son:

- Descripción general del diagnóstico
- Configuración de la red

- Estadísticas de Ethernet
- Estadísticas del anillo

Los detalles de los enlaces se pueden ver en la siguiente tabla XXI.

Tabla XXI. **Descripción enlaces interfaz web del dispositivo**

Descripción interfaz web del dispositivo	
Página Web	Descripción
Diagnostico general del dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de recursos del módulo. • Hits de lectura y escritura del servidor web. • Configuraciones del módulo. • Estado del anillo. • Funciones de gestión de red.
Configuración de red	<ul style="list-style-type: none"> • Detalles de la interfaz de red, como la dirección IP y la máscara de subred • Método de configuración de interfaz Ethernet • Detalles del puerto Ethernet
Estadísticas Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> • Contadores de Ethernet • Detalles del puerto Ethernet • Información de error
Estadísticas de anillo	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor de anillo, configuración y detalles de falla

Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pc/1783-pc011_-en-p.pdf> [Consulta: abril 2018].

En la figura 137 se enmarcan los parámetros en la página web del módulo 1756-EN2TR, que se describen en la tabla XXI.

Figura 137. Estadísticas del nodo desde interfaz web del dispositivo



Fuente: elaboración propia.

Estos parámetros permiten conocer el estado individual de cada nodo en la red y saber interpretarlos facilita localizar fallos y solventarlos desde el punto donde se detecta el fallo.

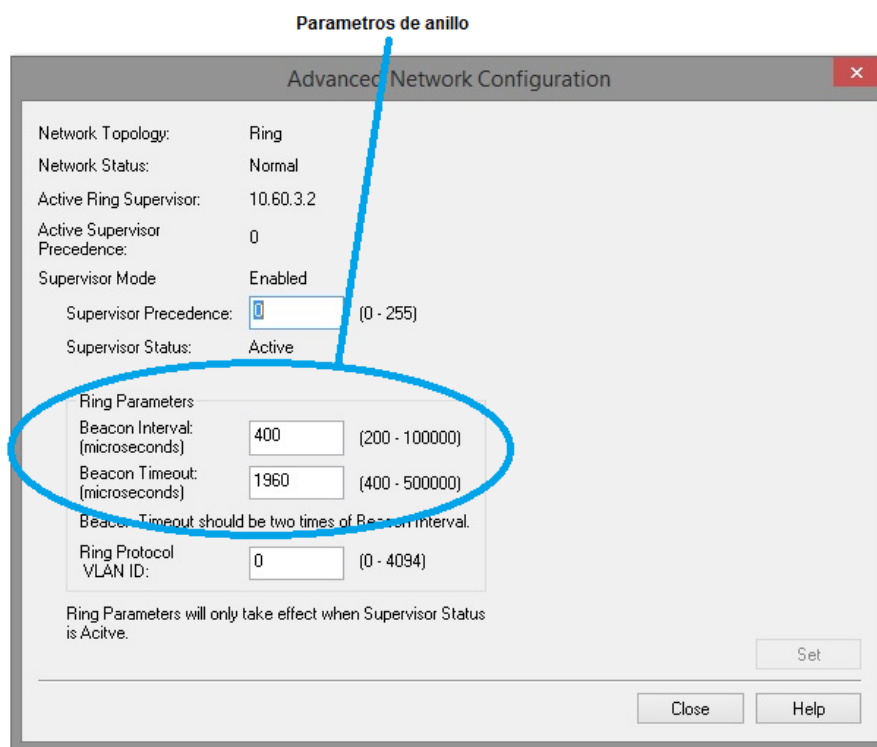
4.5.4. Corrección de fallos

Durante la operación normal de la red, el supervisor activo usa la baliza y otros protocolos DLR para monitorear el estado de la red. El habilitar los dos supervisores de respaldo permitirá al igual que el supervisor activo usar la baliza para monitoreo de la red. Los nodos de anillo también monitorean las estructuras de baliza.

En conjunto estos elementos hacen un seguimiento de las transiciones del anillo entre los estados normal, es decir todos los vínculos funcionan, y en fallo,

las configuraciones de dos parámetros relativos de la baliza pueden afectar el rendimiento de la red. Estos parámetros son los establecidos en fábrica, por consiguiente, no se modificarán para no afectar los tiempos de transmisión activa de la baliza. La figura 138 muestra los parámetros relativos a la baliza.

Figura 138. **Parámetros de anillo**



Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta estos parámetros se puede enfocar en las correcciones de fallos.

Para una corrección de fallo de la red se requieren ciertos procedimientos o métodos para lograr corregir fallos dentro de la red, estos métodos emplean unos pasos simples pero efectivos para corregir los fallos presentes en la red.

La corrección de fallos permite que el rendimiento de la red no tenga ningún decremento.

4.5.5. Metodología en la corrección de fallos

Durante la operación normal, uno de los puertos de red del nodo supervisor activo se bloquea para las estructuras del protocolo DLR. El supervisor activo sigue enviando las estructuras de baliza mediante ambos puertos de red para monitorear el estado de la red.

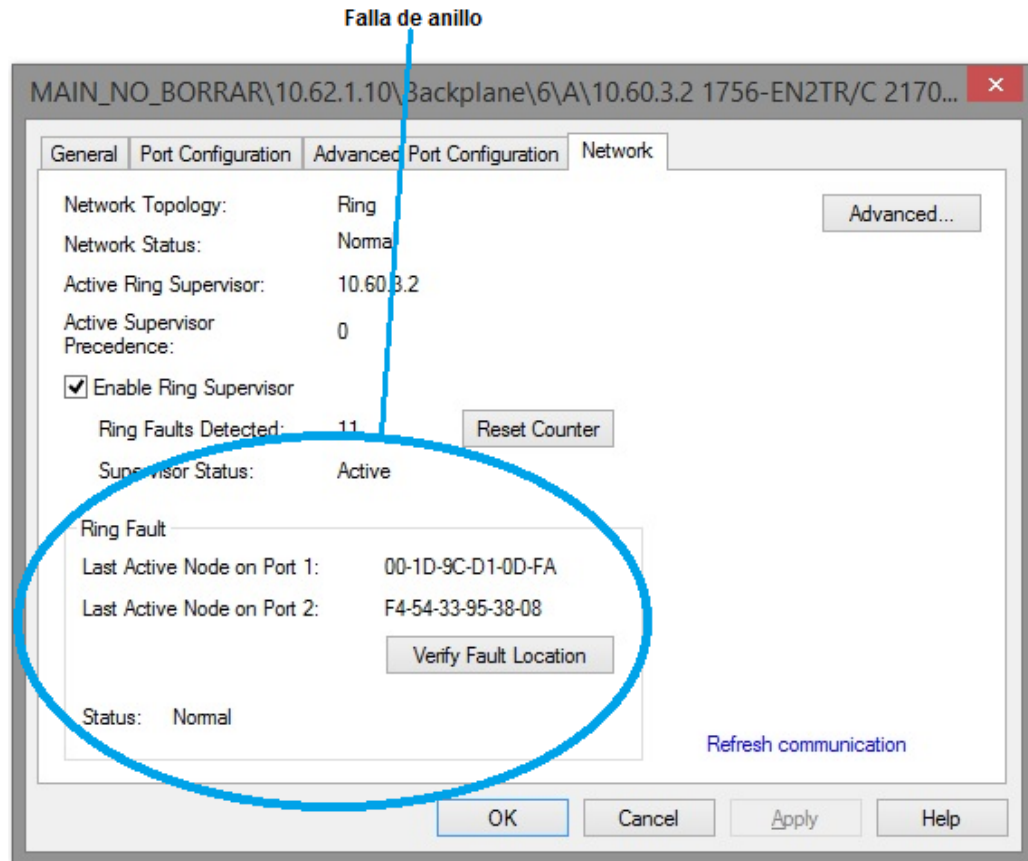
Cuando la red experimenta fallos que interrumpen la transmisión normal de datos entre los nodos, se tendrá que efectuar algunas inspecciones para ubicar el fallo.

El supervisor activo obtiene información del fallo, esta información puede observarse mediante los programas RSLinx y RSLogix.

Al ingresar a RSLinx y seleccionando el supervisor activo para la red del tándem A se puede acceder a las configuraciones del módulo, para analizar la información que recopila de la red. En la figura 139 se muestra un fallo presente en la red, el supervisor recopila información sobre el ultimo nodo con el cual se comunicó y se suscitó el fallo.

En la parte falla de anillo (*Ring Fault*) aparece las direcciones MAC del último nodo activo y sobre qué puerto esto permite ubicar el tramo sobre el cual ocurrió el fallo.

Figura 139. Localización de fallo



Fuente: elaboración propia.

Se utiliza RSLinx para ver fallos en el anillo, ya que se puede observar las direcciones MAC del nodo que presentan la falla, por lo tanto, se realizó una inspección de todos los módulos dentro de los armarios.

La siguiente tabla permite ubicar los nodos a lo largo de las instalaciones. En esta tabla se describe el armario y las direcciones MAC de los módulos instalados en los respectivos armarios.

Tabla XXII. Dirección MAC de los módulos y su ubicación

Módulo	Dirección MAC módulo ETAP1F - ETAP2F	Ubicación
A	00:1D:9C:D1:0D:EA	Panel de Control- Control Molinos
B	00:1D:9C:D0:15:D0	
A	00:1D:9C:D0:15:D7	AR 2.11
B	00:1D:9C:D1:0F:44	
A	00:1D:9C:D0:16:4E	AR 2.03
B	00:1D:9C:D0:15:B0	
A	00:1D:9C:D0:16:3 ^a	AR 2.14
B	00:1D:9C:D1:0D:FA	
A	00:1D:9C:D1:0D:EF	AR 2.16
B	00:1D:9C:D1:0D:EE	
A	00:1D:9C:D0:15:B2	AR 2.08
B	00:1D:9C:D0:16:60	
A	00:1D:9C:CB:29:08	AR 2.02
B	00:1D:9C:D0:15:B3	
A	00:1D:9C:D0:15:E5	AR 2.07
B	00:1D:9C:D0:16:3C	
A	00:1D:9C:D0:16:2B	AR 2.06
B	00:1D:9C:D0:16:54	
A	00:1D:9C:D1:0D:ED	AR 2.04
B	00:1D:9C:D0:15:D1	
A	00:1D:9C:D1:A3:10	AR 2.20
B	00:1D:9C:D1:A3:D7	

Continuación de la tabla XXII.

A	00:1D:9C:D1:0D:B4	AR 2.17 - AR 2.01
B	00:1D:9C:D1:0E:4F	
A	00:1D:9C:D1:0D:E5	Hacia DeviceNet tándem A
B	00:1D:9C:D0:16:53	
A	00:1D:9C:D0:16:4F	Hacia DeviceNet tándem B
B	00:1D:9C:D0:16:52	
A	00:1D:9C:D0:16:3B	AR 2.19
B	00:1D:9C:D0:16:61	
A	00:1D:9C:D0:15:E4	AR 2.05
B	00:1D:9C:D0:16:2 ^a	
A	00:1D:9C:D1:0D:F0	AR 2.15
B	00:1D:9C:D1:0D:E9	
A	00:1D:9C:D0:16:41	AR 2.10
B	00:1D:9C:D0:16:40	
A	00:1D:9C:D1:A4:0A	AR 2.18
B	00:1D:9C:D1:86:A4	
A	00:1D:9C:D1:59:E4	

Fuente: elaboración propia.

Con la ayuda de esta tabla se puede localizar el nodo que presenta el fallo y su ubicación dentro de las instalaciones, analizando las posibles fallas que el supervisor activo recopiló.

Inspeccionando conectores de fibra óptica, conectores RJ45, cable fibra óptica en caja remota, cable UTP en cajas remotas y tramos de cableado permite analizar si estos elementos ocasionaron el fallo.

Evaluar la alimentación del nodo en donde se presenta el fallo permite reducir o descartar el fallo ocasionado por voltaje de alimentación.

Se tiene que borrar el fallo, ya que estará presente hasta que se borre, porque si se da uno nuevo, no será perceptible debido a que el supervisor activo mostrará el último fallo.

4.6. Estructura de cableado

Un sistema de cableado estructurado es la infraestructura destinada a transportar las señales que emite un emisor de algún tipo de señal hasta su correspondiente receptor.

Físicamente, es una red de cable única y completa. Con combinaciones de cables de alambre de cobre UTP, cables de fibra óptica, bloques de conexión y cables terminados en diferentes tipos de conectores y adaptadores.

Para que toda esta amplia gama de combinaciones funcione deben existir ciertas normas o estándares sobre los cuales se base su configuración. Los sistemas de cableado estructurado emplean una arquitectura de sistemas abiertos y soportan aplicaciones basadas en estándares como el EIA/TIA-568A, EIA/TIA-569, EIA/TIA-606, EIA/TIA-607.

La gran ventaja de los sistemas de cableado estructurado es que cuentan con la capacidad de aceptar nuevas tecnologías.

4.6.1. Análisis de cableado en red DLR

En esta sección se detalla cómo se distribuye el cableado a lo largo de las instalaciones, este es un análisis para establecer qué tramos o segmentos de la red necesitan una mejora, aplicando las normas de instalación. Las siguientes figuras muestran la distribución de cableado a lo largo de las instalaciones.

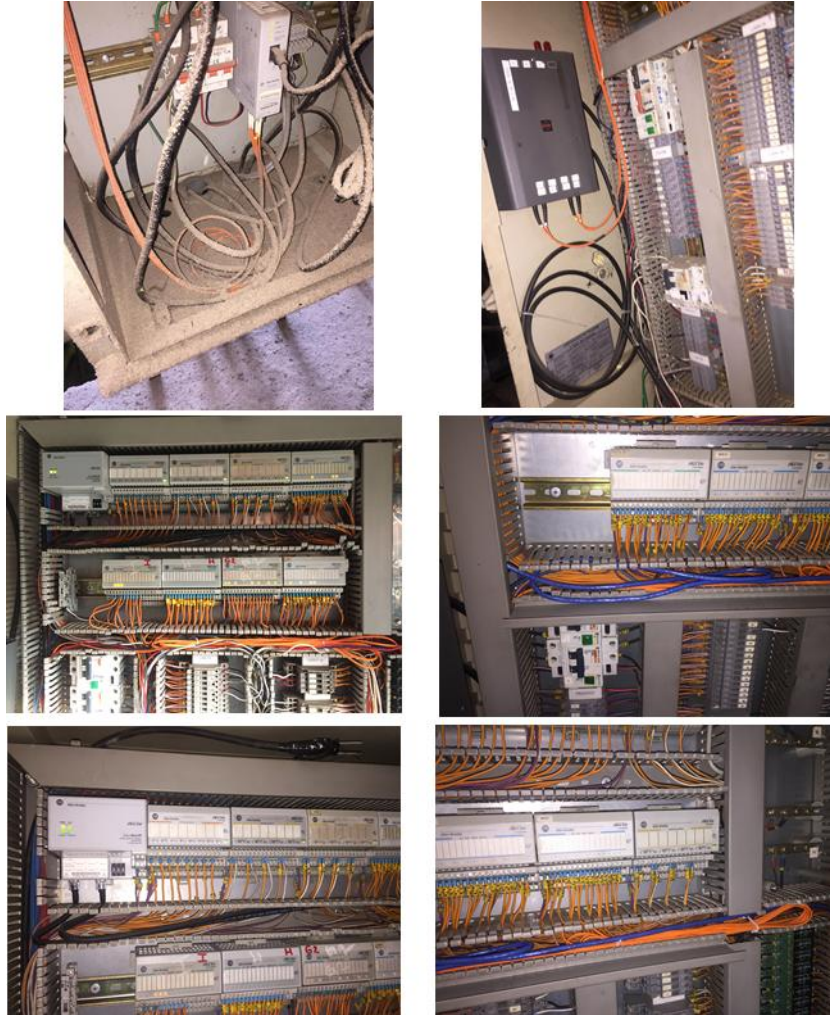
Figura 140. **Distribución del cable en las instalaciones**



Fuente: Pantaleón S.A.

Otra sección importante que requiere de atención es cómo se instala el cable en los armarios, la formación final del cable y la fibra óptica que va conectada del distribuidor al módulo de red.

Figura 141. **Cables distribuidos dentro de los armarios**



Fuente: Pantaleón S.A.

Figura 142. **Secciones de red que requieren atención**



Fuente: Pantaleón S.A.

Las imágenes anteriores muestran cómo están instalados los cables que van de los distribuidores de fibra y cables UTP cat5e a los módulos ETAP dentro de los armarios.

Estos tramos requieren que se implementen mejoras cumpliendo las normas de instalación, para evitar fallos por cableado.

4.6.2. Aplicar normas según se requiera

En la sección anterior se analizó la distribución de los cables de red a lo largo de las instalaciones.

Se recurre a las normas ANSI/TIA/EIA-568-B que incluyen las TIA/EIA 568-B3, TIA/EIA 568-B2, TIA/EIA 568-B3 y la norma ANSI/TIA/EIA-569-A para la instalación de cableado, para mejorar la instalación del cableado.

En las figuras 141 y 142 se puede observar la necesidad de implementar normas de instalación, tanto para la fibra óptica y cable UTP. Se ve, asimismo, que la fibra óptica que va del distribuidor a los módulos no cumple con una correcta distribución del cable excedente.

De igual forma, hay que recordar que respetar el radio de curvatura mínimo, evita la atenuación por micro-curvatura. Hay segmentos de los cables UTP que requieren respetar el radio mínimo.

Dentro de los armarios hay algunos segmentos que utilizan orificios para la salida de distintos cables, mezclando los cables de red y cables para otras aplicaciones. Al respecto, es conveniente hacer una separación entre ellos.

4.6.3. Correcciones implementadas

Al utilizar las normas para realizar las correcciones necesarias en los segmentos que requieren aplicar estas normas, se mejorará la distribución del cableado en los distintos armarios y tramos a lo largo de la instalación de la red, evitando y disminuyendo fallos por cableado.

Las correcciones implementadas se aplican a la instalación del cableado en los distintos armarios en donde se encontró segmentos que no cumplen con las normas de instalación. Tales correcciones se describen en la siguiente tabla, la cual detalla el área en que se implementa la corrección.

Tabla XXIII. Descripción de ubicación de correcciones

Ubicación	Descripción de actividad
AR 2.04	Fibra óptica del distribuidor al módulo no cumple con el radio mínimo de curvatura / Cable UTP mal distribuido no cumple con radio mínimo de curvatura
AR 2.06	Fibra óptica del distribuidor al módulo no cumple con el radio mínimo de curvatura / Cable UTP mal distribuido no cumple con radio mínimo de curvatura
Caja DeviceNet TA	Fibra óptica del distribuidor al módulo cumple con el radio mínimo de curvatura pero necesita que se distribuya en una cruceta para no quedar suspendida.
Caja DeviceNet TB	Fibra óptica del distribuidor al módulo cumple con el radio mínimo de curvatura pero necesita que se distribuya en una cruceta para no quedar suspendida.
Bascula de jugo	Fibra óptica del distribuidor al módulo cumple con el radio mínimo de curvatura pero necesita que se distribuya en una cruceta para no quedar suspendida.
AR 2.14	Fibra óptica del distribuidor al módulo no cumple con el radio mínimo de curvatura / Cable UTP mal distribuido no cumple con radio mínimo de curvatura
AR 2.16	Fibra óptica del distribuidor al módulo no cumple con el radio mínimo de curvatura / Cable UTP mal distribuido no cumple con radio mínimo de curvatura

Fuente: elaboración propia.

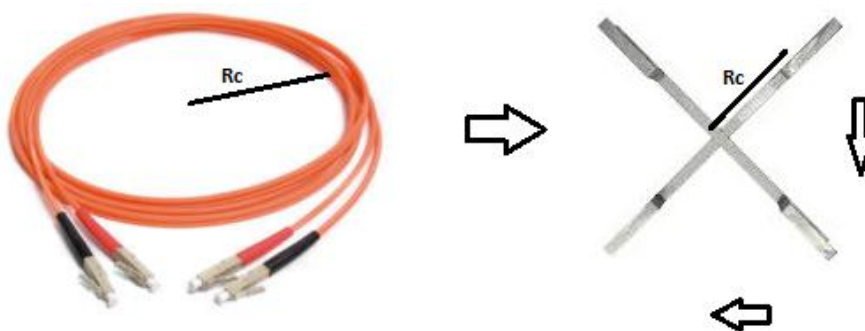
Se puede observar en esta tabla que hay algunas ubicaciones que se necesita corregir, tales correcciones se aplican a la instalación de la fibra óptica y cable UTP.

Respecto de la instalación de la fibra óptica que va de los distribuidores a los módulos, una corrección mide la distancia entre el distribuidor y el módulo en cada armario. Lo anterior es para utilizar el largo necesario, dejando un remanente, que dé una vuelta como mínimo en una cruceta de un radio mínimo de curvatura de 10 cm, utilizando la fibra óptica necesaria.

Otra opción es colocar el excedente en una cruceta de 10 cm de diámetro instalada en los *racks* mencionados en la tabla XXIII, sin necesidad de cortar la fibra óptica. La fibra óptica que se instale en la cruceta no tendrá que tensarse, solo enrollar en la cruceta las vueltas necesarias, para no dañar la fibra óptica.

La siguiente figura muestra lo mencionado, y que se evita el problema llamado atenuación por micro-curvatura.

Figura 143. **Distribución de la fibra óptica**



Fuente: elaboración propia.

Respecto del cable UTP hay segmentos que necesitan una correcta instalación ya que hay cable UTP que va de los módulos a las cabeceras Flex I/O, el radio de curvatura no es tomado en cuenta. Por consiguiente, se debe acomodar el cable UTP, respetando el radio mínimo de curvatura. La siguiente figura ilustra lo mencionado anteriormente.

Figura 144. **Radio mínimo de curvatura para cable UTP**



Fuente: <<https://image.slidesharecdn.com/cursoliltima2013-160307152907/95/curso-siemon-cableado-estructurado-59-638.jpg?cb=1457364603>> [Consulta: abril de 2018].

Las correcciones permiten reducir fallos ocasionados por una instalación que no cumple las normas del cableado estructurado.

Al respetar las normas de instalación se mejorará el desempeño de la red, por ello, es conveniente realizar un análisis de la red cada cierto periodo, debido a los cambios que se podrían dar por mejoras o aplicación de la red.

CONCLUSIONES

1. Se aplicó los diversos conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería electrónica, adquiriendo experiencia de los diversos métodos, equipos y sistemas de protección, que existen en la industria.
2. La importancia de implementar y respetar las normas de instalación proporciona ventajas tales como disminución de pérdidas por atenuación debido a los medios de propagación.
3. Aprovechando todas las características que aportan las tecnologías se permite obtener configuraciones de red más estables y de acceso rápido, logrando supervisar cada elemento de forma minuciosa.
4. Gracias a los diversos retos encontrados en el periodo en que se realizó este EPS, se logró formar un panorama más amplio respecto de elementos de carácter tecnológico y relaciones laborales con el personal.
5. Es indispensable conocer las herramientas tales como software de programación que ayudan a la configuración de dispositivos con el objetivo de aprovechar todos los recursos disponibles, para lograr de forma eficiente una correcta instalación y configuración de los elementos que conforman una red.
6. Familiarizarse con las distintas herramientas que colaboran en la extracción de jugo, permitió adquirir conocimiento y experiencia respecto de los instrumentos que se utilizan para dicha labor.

RECOMENDACIONES

1. Verificar periódicamente los módulos configurados como supervisores de respaldo con la ayuda del software RSLinx, con el objetivo de observar la falla y buscar los nodos en conflicto, solucionando el inconveniente detectado.
2. Solventada la falla, se procede a borrar ese estado en cada módulo configurado como supervisor de anillo y respaldo, debido a que si ocurre otra falla no podrá ser detectada si aún tiene la última registrada.
3. Fabricar crucetas donde se enrollará la fibra óptica, con un radio mínimo de curvatura de 10 cm.
4. Instalar adecuadamente la fibra óptica que va de los distribuidores hacia los módulos, cumpliendo con las normas de instalación, utilizando crucetas en cada armario, en donde se recomienda que se enrolle en la cruceta sin tensarla.
5. Instalar los cables UTP, sin exceder su radio de curvatura para no dañar los cables de par trenzado.
6. Inspeccionar de forma periódica la instalación de los cables UTP y fibra óptica en los armarios, debido a que durante la operación se realizan en ocasiones movimientos dentro de los armarios que podrían modificar la instalación de los medios de propagación.

7. Instalar adecuadamente la formación final o excedente de fibra óptica que va de campo a los armarios para evitar daños a la fibra ya que existen *racks* con dimensiones pequeñas, en los cuales el excedente de fibra óptica no se encuentra instalado adecuadamente.
8. Verificar los ductos en especial los BX, ya que en ocasiones se desprenden de su base ocasionado por una tensión ejercida en la base.
9. En algunos armarios se encontró que en la parte donde ingresan los cables hay orificios congestionados, lo cual puede perjudicar el desempeño de algunos instrumentos si son cables de un par, múltiparas, de fibra óptica o cables UTP. Lo recomendable es realizar una mejor distribución de ingreso de los cables para evitar daños en los distintos medios de propagación.
10. En en los días de mantenimiento se efectúen algunas inspecciones básicas tales como las conexiones de los cables UTP y de fibra óptica en los distintos módulos donde están conectadas.
11. Al momento de efectuar las inspecciones en los días de mantenimiento se recomienda inspeccionar la conexión que alimenta a los módulos instalados en los distintos armarios, para minimizar los problemas por falta de alimentación a los dispositivos.
12. Que con regularidad se programe una limpieza al módulo ETAP2F, el cual incorpora el transmisor de la báscula de jugo, ya que por su ubicación y porque la puerta la cual no cierra se llena en el interior de mucho polvillo de bagazo, lo que puede dañar este módulo.

BIBLIOGRAFÍA

1. GÓMEZ, Antonio., ORTIZ, José. *Manual de operaciones molinos de azúcar* “Measurements of power sharing in a conventional three roller mill”. En: *XXII Congress of International Society of Sugar Cane Technologists*. 1995. 395 p.
2. JOSKOWICZ, José. *Cableado estructurado*. Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería. Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay, Octubre 2014. Versión 11. 78 p. [en línea]. <<https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf> >. [Consulta: marzo 2018].
3. MUÑOZ CANO, Javier. *Manual de prácticas de laboratorio*. Departamento de Electrónica, Automática e Informática Industrial. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial. 2008, 95 p.
4. STALLINGS, William. *Comunicaciones y redes de computadora*. 7ª ed. España: Pearson educación S.A., Prentice Hall, 2004. 896 p.
5. *Manual de operación de dispositivos de Rockwell Automation*. [en línea]. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/enet-ap005_-en-p.pdf>. [Consulta: marzo 2018].
6. *Manual de usuario del software RSLogix 5000*. [en línea]. <http://www.infoplcn.net/files/descargas/rockwell/infoPLC_net_Instrucciones_Logix5000.pdf>. [Consulta: marzo 2018]. Plataforma de programación para los dispositivos Rockwell Automation.

7. *Manual de usuario del software RSLinx Classic.* [en línea]. <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/lnx-gr001_-es-e.pdf>. [Consulta: abril 2018]. Plataforma de configuración para los dispositivos Rockwell Automation.

8. *Manual de usuario para el módulo 1756-EN2TR.* [en línea]. <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td003_-en-e.pdf>. [Consulta: abril 2018]. Literatura Rockwell Automation.

9. *Manual de usuario para el módulo 1783-ETAP1F.* [en línea]. <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/enet-ap005_-es-p.pdf>. [Consulta: abril 2018]. Literatura Rockwell Automation.

ANEXO

Anexo 1. Conversión AWG - mm - mm²

AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)
30	0,25	0,05
28	0,32	0,08
26	0,42	0,14
24	0,56	0,25
22	0,66	0,34
21	0,70	0,38
20	0,80	0,50
18	0,98	0,75
17	1,13	1,00
16	1,38	1,50
14	1,78	2,50
12	2,26	4,00
10	2,76	6,00
8	3,57	10,00
6	4,51	16,00
4	5,64	25,00
2	6,68	35,00
1	7,98	50,00

Fuente: Comunicaciones Corporativas Unificadas [Consulta: marzo de 2018].

