

Monografía asignación de una red local centralizada e implementación de una conexión en arquitectura cascada¹ (mayo 2022)

Hermes Yessidt Jerez Plata²
Nikcolas Rojas González³
Kelly Johana Niño Sandoval⁴
Luis Rodrigo Mancilla López⁴

Resumen—Para la manipulación de controladores lógicos programables (PLC) es necesario una conexión entre computadores que manipulen el dispositivo a través de un software específico. Para aquellos PLC que manejan el protocolo de comunicación TCP/IP se conectan a los computadores mediante los cables de red ethernet creando y estableciendo una conexión LAN de clase C cerrada y exclusiva para los 2 dispositivos, inhabilitando al computador de cualquier conexión ethernet diferente a la conexión con el PLC, como podría ser la conexión de red con acceso a internet.

Para la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad Santo Tomás Bucaramanga el área de aprendizaje teórico y práctico enfocado en la automatización industrial y en el uso de los dispositivos expuestos anteriormente es un pilar principal de la formación del ingeniero profesional. Debido al confinamiento obligatorio de marzo del 2020 presentado por el gobierno como medida de emergencia sanitaria se estableció una metodología de aprendizaje remota para los estudiantes de la universidad. El uso remoto de los dispositivos industriales era imposible con la metodología de conexión que se estaba llevando a cabo a la fecha, por ende, fue necesario realizar un proceso de conexión diferente que permitiera una conexión remota de los estudiantes para el aprendizaje práctico, dándole acceso a internet a los computadores sin eliminar la conexión de red de estos con los dispositivos industriales.

En el laboratorio “laboratorio integrado de mecatrónica” de la universidad Santo Tomás Bucaramanga, donde se encuentran los dispositivos industriales con protocolo de comunicación TCP/IP (PLC y paneles industriales HMI) y los computadores se realizó una conexión grupal VLAN con arquitectura en cascada de los dispositivos presentes en la sala haciendo uso de las direcciones IP establecidas por el departamento universitario de las TICs con el fin de que los computadores que manipulan los PLC tuvieran acceso a la red universitaria al mismo tiempo que tienen comunicación con los dispositivos industriales.

En busca de documentar todo el proceso desarrollado en la asignación de la red LAN de la sala “laboratorio integrado de mecatrónica” y diseño de la conexión de los dispositivos PLC, computadores y paneles industriales HMI se realiza esta monografía, registrando el proceso que fue necesario para la asignación de una red local entre dispositivos agrupados y enfocando particularmente en la red local universitaria establecida, dando unas recomendaciones para un buen uso y mantenimientos correctivos del hardware y software a los docentes y operarios que utilizan el laboratorio buscando mantener la red LAN activa, los dispositivos conectados entre sí y a la red universitaria simultáneamente.

Palabras clave: redes, PLC, conexiones, computadores

Abstract—For the manipulation of programmable logic controllers (PLC), a connection between computers that manipulate the device through specific software is necessary. For those PLCs that handle the TCP/IP communication protocol, they connect to the computers through ethernet network cables, creating and establishing a closed and exclusive class C LAN connection for the 2 devices, disabling the computer from any ethernet connection other than the one connection to the PLC, such as a network connection with internet access.

For the Faculty of Mechatronics Engineering of the Santo Tomás Bucaramanga University, the area of theoretical and practical learning focused on industrial automation and the use of the devices exposed above is a main pillar of the training of the professional engineer. Due to the mandatory confinement of March 2020 presented by the government as a health emergency measure, a remote learning methodology was established for university students. The remote use of industrial devices was impossible with the connection methodology that was being carried out to date, therefore, it was necessary to carry out a different connection process that would allow a remote

¹Artículo científico presentado como opción de grado para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico.

² Autor de contacto: Técnico en Venta de productos y servicios en el área de mercadeo, SENA. Correo electrónico: hermes.jerez6@hotmail.com

³ Autor: Técnico en Asistencia administrativa, SENA.

⁴ Directores: Ingeniero Mecatrónico, Universidad Santo Tomás Bucaramanga. Especialista en Automatización Industrial, Universidad Santo Tomás Bucaramanga.

connection of students for practical learning, giving them access to the internet to computers without eliminating their network connection with industrial devices.

In the "integrated mechatronics laboratory" laboratory of the Santo Tomás Bucaramanga University, where the industrial devices with TCP/IP communication protocol (PLC and HMI industrial panels) and the computers are located, a VLAN group connection was made with a cascade architecture of the devices present in the room using the IP addresses established by the ICT university department so that the computers that manipulate the PLCs have access to the university network at the same time that they have communication with the industrial devices.

In search of documenting the entire process developed in the assignment of the LAN network of the "integrated mechatronics laboratory" room and design of the connection of PLC devices, computers and industrial HMI panels, this monograph is carried out, recording the process that was necessary for the assignment of a local network between grouped devices and focusing particularly on the established university local network, giving recommendations for proper use and corrective maintenance of hardware and software to teachers and operators who use the laboratory seeking to keep the LAN network active, devices connected to each other and to the university network simultaneously.

***Index Terms*—Computers, Connections, Networks, PLC**

I. INTRODUCCIÓN

EN la sala "Laboratorio integrado de mecatrónica" de la universidad Santo Tomás seccional Bucaramanga se utilizan controladores lógicos programables PLC de la marca Siemens y Allen Bradley para el desarrollo del conocimiento práctico de los estudiantes del pregrado de ingeniería mecatrónica en los espacios académicos de instrumentación, oleo neumática, automatización, comunicaciones industriales, electivas afines y para los estudiantes del posgrado de especialización en automatización industrial en los espacios académicos de automatización industrial, control de procesos industriales, controladores lógicos programables PLC, redes de comunicación industrial SCADA, sistemas de control distribuido DCS.

La manipulación, configuración y programación de estos dispositivos se hace por medio de computadores los cuales presentan el software de TIA portal Basic V13 SP1 y WinCC Advanced V13 SP1 para los PLC Siemens y RsLogic500, RsLinx Classic y Factory Talk View para los PLC Allen Bradley. Los computadores se comunican con los PLC mediante cables ethernet por medio del protocolo de comunicación TCP/IP haciendo uso de su única tarjeta de red.

Inicialmente el manejo de la comunicación entre los dispositivos se realizaba de manera individual, vinculando con cable un computador con un PLC permitiendo la conexión entre estos, pero negando el computador (sin tarjeta de conexión WIFI) a cualquier acceso a la red universitaria. A mediados del primer semestre estudiantil del año 2020, debido a las circunstancias presentadas por la emergencia sanitaria la virtualidad fue obligatoria para todos los estudiantes de la

universidad; las materias que hacían uso de la infraestructura universitaria se vieron afectadas en el buen desarrollo de su pensum académico, principalmente las que hacen uso de los PLC limitaba la conexión de los computadores únicamente a operarlos, trabajar con los dispositivos remotamente era imposible.

Para lograr la conexión entre los PLC y demás dispositivos de conexión ethernet y los computadores al mismo tiempo que estos tuvieran acceso al internet de la red universitaria, buscando la conexión remota de los estudiantes, fue necesario que el departamento de tecnología de la información y comunicación TICS, asignara para la sala de laboratorio una VLAN (Virtual LAN) con sus respectivas IP en busca de conectar todos los dispositivos de la sala entre sí, de esta manera, con que un solo dispositivo estuviera conectado a la red universitaria, los demás dispositivos ya tendrían acceso a internet. Con esto se logró que los computadores estuvieran conectados a internet y simultáneamente a los dispositivos PLC, logrando el uso remoto para las prácticas de los estudiantes. Sin embargo, debido a la naturaleza de cascada con la que se diseñó la red local de la sala de laboratorio, una incorrecta manipulación de los dispositivos, cables y/o computadores podría dañar la conexión local establecida para la multi conexión de los computadores a cualquier dispositivo y a la red universitaria.

En este documento se registra el proceso para la asignación de la red y diseño de la conexión en arquitectura cascada, haciendo uso de un área local independiente virtual (VLAN) definida por medio del protocolo de comunicación TCP/IP, se especifica el proceso que se llevó a cabo en el caso particular de la red universitaria establecida en el laboratorio integrado con los dispositivos a conectar y se dan recomendaciones para mantener dicha red activa en todo momento para suplir las necesidades de la conexión remota.

II. MARCO CONCEPTUAL

Protocolo TCP: El protocolo TCP es un método de intercambio seguro de datos dado que requiere autorización entre el cliente y el servidor o entre el remitente y el receptor antes de la transmisión. Después de que ambas partes autoricen la transferencia, los datos pueden enviarse y recibirse. El protocolo TCP, al igual que otros como SSH, se creó para reemplazar protocolos anteriores que, por su antigüedad, no eran seguros para conectarse o intercambiar datos a través de Internet.

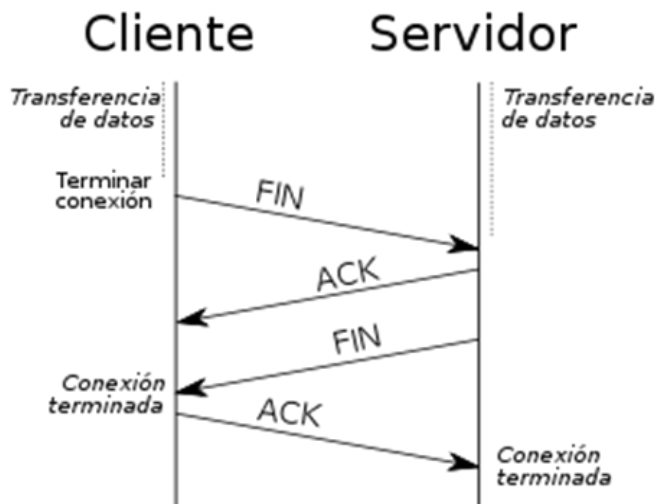


Fig. 1. Esquema protocolo TCP.
Fuente. Nuno Tavares. commons.wikimedia.org

TCP tiene una operación muy simple que consta de tres etapas. En primer lugar, la conexión se realiza con el consentimiento de ambas partes. Consecuentemente se realiza un procedimiento conocido como "negociación en tres pasos", donde, inicialmente el emisor u origen solicita la relación al servidor, luego el servidor recibe la solicitud y envía una petición de sesión con el cliente permitiendo como último paso la creación de la comunicación cliente servidor. Entonces empieza el tráfico de datos o el intercambio de información. Aquí, cada parámetro se fija para un intercambio ordenado, preciso y, lo que es más importante, seguro. Finalmente, a través de la "negociación de cuatro pasos" la cual surge al finalizar la comunicación, el cliente envía un dato "bandera" que delimita el último dato de la transmisión para que el servidor marque esta bandera y envíe su propia marca de finalización para que el cliente marque la bandera del servidor como dato final. De esta manera se termina la conexión entre el cliente y el servidor.

En TCP, los datos se reciben en el orden exacto en que se enviaron. Para ello, descompone la información en diferentes paquetes y la envía por la ruta más rápida hasta su destino. Por tanto, gracias a la separación de capas, es más fácil identificar el origen del tráfico y evitar la saturación de la red. Además, actúa como capa intermediaria entre una aplicación y el protocolo IP, compensando la falta de seguridad de los protocolos de red. [1]

Protocolo IP: El protocolo IP es el protocolo de red principal utilizado en Internet, redes domésticas y redes comerciales. El protocolo IP se usa a menudo junto con el Protocolo de control de transmisión (TCP), que luego se denominan indistintamente como IP y TCP/IP.

La mayoría de las redes utilizan el estándar de la versión 4 del protocolo IP (IPv4), que tiene una dirección IP de cuatro bytes (32 bits). Hace tiempo que se sabe que, con la

proliferación de dispositivos de red, 4 bytes de este protocolo no son suficientes y deben mejorarse. La versión 6 de IP (IPv6), diseñada para reemplazar a IPv4, tiene una dirección IP de 16 bytes (128 bits) de longitud.

Los datos del protocolo IP se organizan en mensajes. Estos mensajes se denominan datagramas. Cada esquema de IP incluye tanto el encabezado (identificación de origen, destino y otra información de datos) como los datos del mensaje en sí. [2]



Fig. 2. Datagrama.
Fuente. profesores.frc.utn.edu.ar

Direccionamiento IP: El protocolo IP identifica cada computadora conectada a la red por su dirección correspondiente. Esta dirección es un número de 32 bits que debe ser único para cada host y generalmente se representa con cuatro números de 8 bits separados por puntos. Una dirección de Internet (dirección IP) se utiliza para identificar tanto una computadora específica como la red a la que pertenece, de modo que se puedan distinguir.

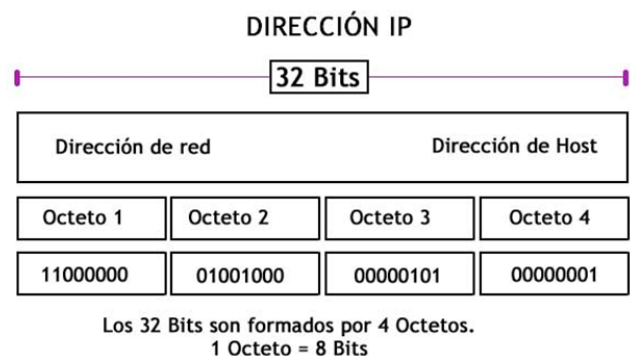


Fig. 3. Direccionamiento IP.
Fuente. eltallerdelbit.com

Con varias computadoras conectadas a la misma red y teniendo en cuenta que se conectan a Internet redes de muy distintos tamaños, se crearon tres clases distintas de direcciones, representadas por tres rangos de valores:

- Clase A. Si el bit más significativo es "0", la máscara predeterminada tendrá un prefijo de 8 bits. Entonces, hay 8 bits para la dirección de red y 24 bits para el host.

- Clase B. Si los dos primeros bits son "1" "0", la longitud de la máscara predeterminada será de 16 bits (prefijo 16). Con esto, los primeros 16 bits se utilizan para identificar la red; Los últimos 16 para definir el host.

- Clase C. Si los primeros tres bits son "1" "1" "0", entonces la máscara tiene por defecto un prefijo de 24 bits. Para esta categoría, tenemos en cuenta la presencia de una gran cantidad de redes, que es 224. En cada red, el número máximo de computadoras es 253, luego de restar las direcciones de red y broadcast. [3]

VLAN (Virtual LAN): Actualmente, una red de área local física, o LAN (Local Área Network), que consta principalmente de computadoras y sus dispositivos asociados (principalmente conmutadores y enrutadores), es capaz de establecer una conexión entre equipos. En ocasiones, la subdivisión o segmentación de una red local es necesaria para facilitar la gestión de la red y, en este sentido, no se deben realizar cambios importantes en la infraestructura física de la red.

VLAN, abreviatura de Virtual LAN o Virtual Local Área Network, es una tecnología que permite la creación de redes lógicas independientes dentro de la misma red física. Son útiles para reducir el alcance de la difusión de información y ayudar en la gestión de la red, ya que separan solo las partes lógicas (como oficinas o departamentos de una organización) que deben vincularse entre sí.

Una VLAN se compone de dos o más dispositivos, que actúan como si estuvieran conectados al mismo conmutador, aunque estuvieran conectados físicamente a diferentes conmutadores en la misma red de área local. [4]

III. DESARROLLO

A. Red y Topología

Los bancos integrados de la sala "laboratorio integrado de mecatrónica" están diseñados con 2 tipos de PLC, los bancos diseñados con Siemens y los bancos diseñados con Rockwell. Los PLC Siemens S7-1200 cuentan con un switch industrial CSM 1277 de 4 puertas y una pantalla industrial HMI Touch Simatic Panel KTPcolor y los bancos de PLC Allen Bradley cuentan con un HMI PanelView Plus 600 y un switch Stratix 2000 el cual permite la conexión ethernet de 5 dispositivos.

La topología diseñada inicialmente para la red establecida en la sala "laboratorio integrado de mecatrónica" fue creada tomando como base fundamental la repartición física de los elementos de red fijos dispuestos por la universidad mucho antes de plantear la conexión centralizada. Teniendo en cuenta que el laboratorio contaba con un router como elemento principal, se le asigna la disposición VLAN de la sala a este elemento. Este router se le dispuso una conexión básica de topología tipo bus, donde se conectaban los 16 puntos fijos de conexión ethernet empotrados en las paredes los cuales enlazaban los computadores del laboratorio a la conexión a la red universitaria y el acceso a internet de esta como se ve en la Figura 5, de esta manera se tenían todos los computadores conectados a la red y todos los dispositivos industriales ajenos a la red agrupados entre sí, como se ve en la Figura 6, siendo la línea verde la conexión de topología física y la línea morada la topología lógica de la conexión de los bancos integrados.



Fig. 4. Esquema red VLAN.
Fuente. internetpasoapaso.com

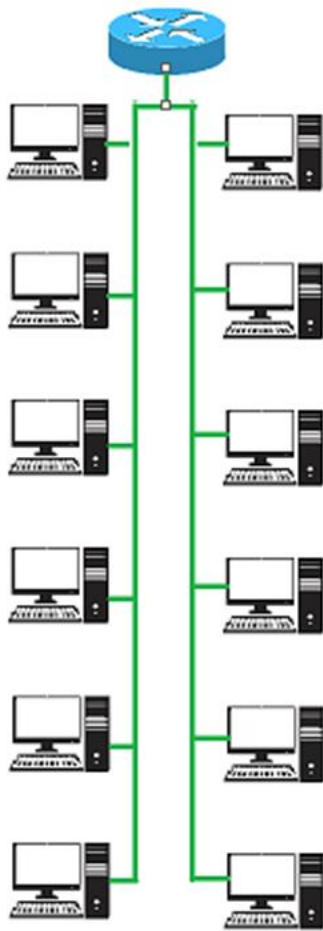


Fig. 5. Topología tipo bus.
Fuente. Autores.



Fig. 6. Dispositivos industriales bancos integrados.
Fuente. Autores.

Para realizar las conexiones entre los computadores y los dispositivos industriales, era necesario desconectar el computador de la red con topología tipo bus, para conectarlo a los bancos integrados por medio de los puntos libres de los switches industriales creando una red de topología tipo punto a punto como se ve en la Figura 7 siendo la línea verde la conexión de la topología física y la línea morada la conexión

de la topología lógica.

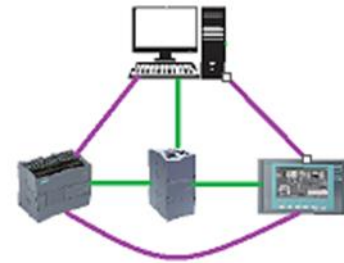


Fig. 7. Topología física punto a punto.
Fuente. Autores.

Para el caso realizado en la universidad, el laboratorio dispone de dispositivos industriales con protocolo de comunicación TCP/IP, se contaba con la red universitaria de clase B, la cual para la repartición y agrupación de dispositivos se configuro con varias redes locales virtuales VLAN, cada una como una subred. La subred a la cual hace parte la sala del laboratorio es la 172.16.140.1/22 con la máscara 255.255.252.0, esto da a entender que la red universitaria de clase B está usando 6 bits de identificación de host del tercer octeto para adicionar más direccionamiento de red, de la red universitaria conocemos también el uso de un sistema de nombre de dominio DNS, el cual está basado en el dominio público de Google DNS, el cual permite a la red una seguridad y estabilidad que se actualiza frecuentemente en contra de los diferentes tipos de ataques cibernéticos.

Se dispuso por el departamento de TICs de la universidad una cantidad de IP estáticas para el uso de los dispositivos encontrados en la sala de laboratorio integrado, junto con posibles dispositivos a adicionar en la red que serán intermitentes en esta misma, estas IP se encuentran separadas de la asignación dinámica de la red la cual se establece en 172.16.142.116 evitando así generar conflictos por la conexión de dispositivos intermitentes a la red y registradas entre el host 140.100 al 140. 200. Al estar subneteada la red por medio de VLAN con asignación de subred, es necesario que en la configuración de los dispositivos se estipulen una puerta de enlace, ya que con esta los dispositivos tienen acceso a la conexión superior del switch encargado del VLAN, la cual en este caso es la red WAN (con acceso a internet).

A continuación, se registra una tabla (TABLA I) con las direcciones IP asignadas a cada dispositivo que se encuentra en el laboratorio, así como también las direcciones IP que quedan libres para los dispositivos que se vayan a adicionar a la red.

TABLA I
ASIGNACIÓN DE IP

#	Nombre	Dirección IP	Dirección MAC
1	Computador_1	172.16.140.100	30:D0:42:F0:58:98
2	Computador_2	172.16.140.101	30:D0:42:EF:DE:62
3	Computador_3	172.16.140.102	30:D0:42:F0:61:70
4	Computador_4	172.16.140.103	30:D0:42:EE:76:BC
5	Computador_5	172.16.140.104	30:D0:42:EF:DF:DF
6	Computador_6	172.16.140.105	30:D0:42:EF:EA:20
7	Computador_7	172.16.140.106	30:D0:42:EF:DC:D
8	Computador_8	172.16.140.107	30:D0:42:F0:5F:05
9	Computador_9	172.16.140.108	30:D0:42:EE:7C:FE
10	Computador_10	172.16.140.109	30:D0:42:F0:60:F0
11	Computador_11	172.16.140.110	30:D0:42:EE:7A:2A
12	Computador_12	172.16.140.111	30:D0:42:EE:7C:F8
13	PLC_Siemens_1	172.16.140.112	00:1C:06:0A:0D:2E
14	HMI_Siemens_1	172.16.140.113	00:1C:06:09:7F:6D
15	PLC_Siemens_2	172.16.140.114	00:1C:06:0A:0D:BA
16	HMI_Siemens_2	172.16.140.115	00:1C:06:09:77:54
17	PLC_Siemens_3	172.16.140.116	00:1C:06:0A:0E:56
18	HMI_Siemens_3	172.16.140.117	
19	PLC_Siemens_4	172.16.140.118	00:1C:06:0A:0D:B6
20	HMI_Siemens_4	172.16.140.119	00:1C:06:09:7F:4B
21	PLC_Siemens_5	172.16.140.120	00:1C:06:1B:70:98
22	HMI_Siemens_5	172.16.140.121	00:1C:06:09:79:F4
23	PLC_Siemens_6	172.16.140.122	00:1C:06:0A:0D:4A
24	HMI_Siemens_6	172.16.140.123	00:1C:06:09:79:68
25	PLC_Siemens_7	172.16.140.124	00:1C:06:0A:0D:3A
26	HMI_Siemens_7	172.16.140.125	00:1C:06:09:79:17
27	PLC_Siemens_8	172.16.140.126	00:1C:06:0A:0D:E7
28	HMI_Siemens_8	172.16.140.127	00:1C:06:09:7F:24
29	PLC_Siemens_9	172.16.140.128	00:1C:06:0A:0E:50
30	HMI_Siemens_9	172.16.140.129	00:1C:06:09:7F:0E
31	PLC_Siemens_10	172.16.140.130	00:1C:06:0A:12:0E
32	HMI_Siemens_10	172.16.140.131	00:1C:06:09:7F:30
33	PLC_Siemens_11	172.16.140.132	00:1C:06:0A:0E:0C
34	HMI_Siemens_11	172.16.140.133	00:1C:06:09:7F:6C
35	PLC_Siemens_12	172.16.140.134	00:1C:06:0A:0E:17
36	HMI_Siemens_12	172.16.140.135	00:1C:06:09:77:75
37	PLC_AllenBradley_1	172.16.140.136	00:00:BC:E5:6E:14
38	HMI_AllenBradley_1	172.16.140.137	00:00:BC:C9:4B:CD
39	PLC_AllenBradley_2	172.16.140.138	00:00:BC:E5:5F:DF
40	HMI_AllenBradley_2	172.16.140.139	
41	PLC_AllenBradley_3	172.16.140.140	00:00:BC:E5:6D:FF
42	HMI_AllenBradley_3	172.16.140.141	00:00:BC:D1:C3:22
43	PLC_AllenBradley_4	172.16.140.142	00:00:BC:E5:6E:C8
44	HMI_AllenBradley_4	172.16.140.143	00:00:BC:D0:EE:01
45	PLC_AllenBradley_5	172.16.140.144	00:00:BC:E5:5F:DE
46	HMI_AllenBradley_5	172.16.140.145	00:00:BC:C9:4C:FF
47 - 101	Direcciones IP libres	- 172.16.140.200	---

Se pudo resumir la configuración de la red para los dispositivos estáticos de la sala laboratorio integrado, con protocolo de comunicación TCP/IP y protocolo de internet IPv4 queda de la siguiente manera:

- Direcciones IP: 172.16.140.(100-200)
- Mascara de subred: 255.255.252.0
- Puerta de enlace: 172.16.140.1
- Servidor DNS: 8.8.8.8 (únicamente necesario en los dispositivos con acceso a internet)

Una vez dispuesto por el departamento universitario de TICs el direccionamiento IP de los dispositivos fijos de la sala y aprovechando los elementos físicos de red expuestos

anteriormente, se establece una metodología de diseño que permita crear la conexión conjunta de todos los dispositivos en la sala. Se estableció para la red del laboratorio una topología mixta la cual prioriza los computadores dándole acceso a la red por medio los puntos de conexión físicos empotrados manteniendo la topología física de red tipo bus y adicionando los dispositivos por medio de 2 conexiones en cascada con topología física de red de tipo línea, de esta manera, haciendo uso únicamente de dos puntos de conexión física ethernet y de los switches industriales de Siemens y de Rockwell, se pudo conectar los 17 bancos integrados de dispositivos industriales. Físicamente la topología expuesta es mixta, donde la parte de la conexión de los computadores con la red es de tipo bus y la conexión de la red con los dispositivos industriales es de tipo línea con arquitectura en cascada, pero si enfocamos lógicamente en la conexión, la topología presente es de tipo totalmente conexas ya que todos los dispositivos tienen acceso entre sí unos con otros, donde cualquier computador presente en la sala y conectado por un punto fijo de conexión ethernet puede manipular desde el primer PLC hasta el último PLC conectado en la conexión cascada.

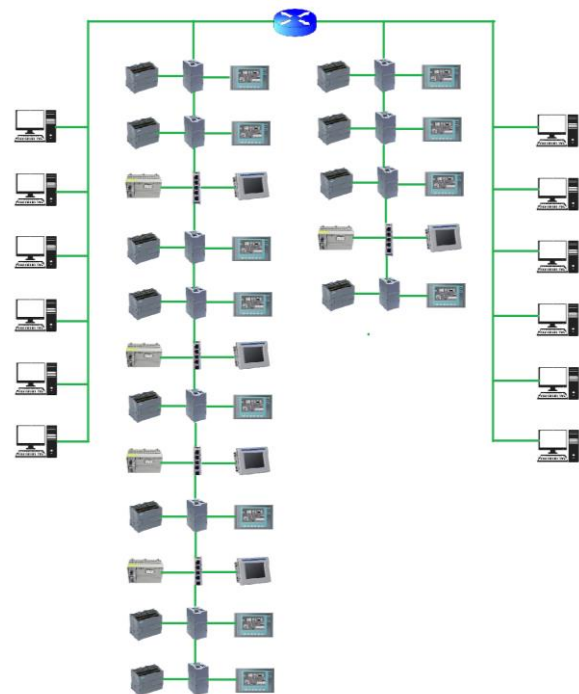


Fig. 8. Diagrama topología implementada.
Fuente. Autores.

B. Prueba de comunicación

Con todos los dispositivos conectados a la red se realizó una prueba de conexión con un computador externo al laboratorio agregado a la red con una dirección IP libre en esta misma, esta prueba se realizó con el comando “ping” para verificar que todos tengan una conexión estable en la red, debido a la cantidad de dispositivos en la sala solo se documenta en la TABLA II la prueba de conexión realizada algunos dispositivos escogidos aleatoriamente, de los cuales 6 son computadores, 6 PLC y 6 HMI.

TABLA II
PRUEBA DE CONEXIÓN

Nombre	Dirección IP
Computador_2	172.16.140.101
Estadísticas de ping para 172.16.140.101: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 2ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms	
Computador_5	172.16.140.104
Estadísticas de ping para 172.16.140.104: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
Computador_6	172.16.140.105
Estadísticas de ping para 172.16.140.105: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
Computador_8	172.16.140.107
Estadísticas de ping para 172.16.140.107: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
Computador_9	172.16.140.108
Estadísticas de ping para 172.16.140.108: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms	
Computador_10	172.16.140.109
Estadísticas de ping para 172.16.140.109: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 2ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms	
HMI_Siemens_1	172.16.140.113
Estadísticas de ping para 172.16.140.113: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
HMI_Siemens_2	172.16.140.115
Estadísticas de ping para 172.16.140.115: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
PLC_Siemens_3	172.16.140.116
Estadísticas de ping para 172.16.140.116: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 2ms, Máximo = 2ms, Media = 2ms	
PLC_Siemens_4	172.16.140.118
Estadísticas de ping para 172.16.140.118: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 4ms, Media = 2ms	

PLC_Siemens_5	172.16.140.120
Estadísticas de ping para 172.16.140.120: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms	
HMI_Siemens_5	172.16.140.121
Estadísticas de ping para 172.16.140.121: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 0ms, Máximo = 2ms, Media = 0ms	
PLC_Siemens_6	172.16.140.122
Estadísticas de ping para 172.16.140.122: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
HMI_Siemens_6	172.16.140.123
Estadísticas de ping para 172.16.140.123: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 0ms, Máximo = 2ms, Media = 0ms	
HMI_Siemens_7	172.16.140.125
Estadísticas de ping para 172.16.140.125: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms	
PLC_Siemens_8	172.16.140.126
Estadísticas de ping para 172.16.140.126: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
PLC_AllenBradley_1	172.16.140.136
Estadísticas de ping para 172.16.140.136: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 0ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms	
HMI_AllenBradley_1	172.16.140.137
Estadísticas de ping para 172.16.140.137: Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos), Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos: Mínimo = 2ms, Máximo = 4ms, Media = 3ms	

C. Conexión remota - AnyDesk

Con la asignación de la red y la implementación de la conexión en cascada se logra que todos los dispositivos se comuniquen entre sí, además de que todos tendrán acceso a la red, esto nos permite poder manipular dichos dispositivos tanto física como remotamente, esto mediante la aplicación de escritorio AnyDesk, el cual permite hacer una conexión remota entre dos equipos, de manera que el computador personal del estudiante, localizado fuera de la red universitaria, controle virtualmente al que se encuentra en el laboratorio. Esto ayuda a que los estudiantes que tengan inconvenientes con asistir a los laboratorios presenciales puedan realizar sus prácticas desde casa.

Para validar la pertinencia y utilidad de esta aplicación, se realizó una prueba de conexión mediante AnyDesk, entre un equipo de cómputo ubicado en la sala y otro ajeno a la red, obteniendo una diferencia despreciable en el tiempo de respuesta, entre la reacción del banco integrado con una orden local y la reacción de este con una orden virtual.



Fig. 9. Computador_5.
Fuente. Autores.

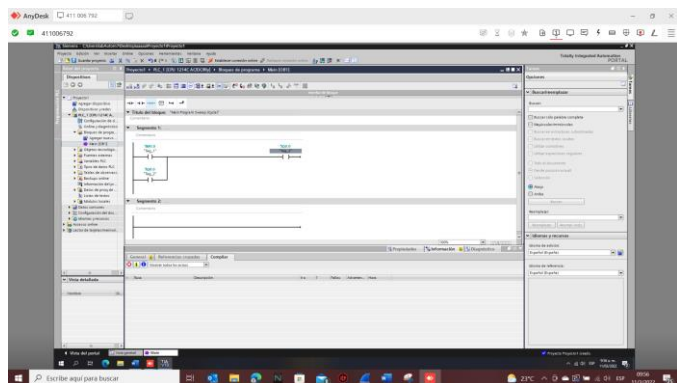


Fig. 10. Foto Computador ubicado en otra red.
Fuente. Autores.

D. Trafico de datos - WireShark

Para terminar, se realizó un análisis del tráfico de datos en la red del laboratorio mediante el software WireShark [6] el cual nos permite capturar todos los paquetes de datos que estén siendo enviados en la red para posteriormente analizar estos mismos, se hizo la captura de 18796 paquetes de datos

de los cuales como se observa en la Figura 11. más de la mitad de los paquetes de datos usaron el protocolo de internet IPv4, siendo este el protocolo de mayor jerarquía en el laboratorio integrado de mecatrónica.

Protocolo	Porcentaje de paquetes	Paquetes
Frame	100.0	18796
Ethernet	100.0	18796
PROFINET Real-Time Protocol	0.5	89
Logical-Link Control	0.1	10
Link Layer Discovery Protocol	1.1	202
Internet Protocol Version 6	1.5	280
Internet Protocol Version 4	56.4	10592
Address Resolution Protocol	40.6	7623

Fig. 11. Protocolos.
Fuente. Autores.

En el momento de realizar la captura del tráfico de datos en el laboratorio se encontró 3 PLC siendo usados y solo dos computadores y cómo se observa en la Figura 12. no hay mucho tráfico de datos durante el tiempo de la captura.

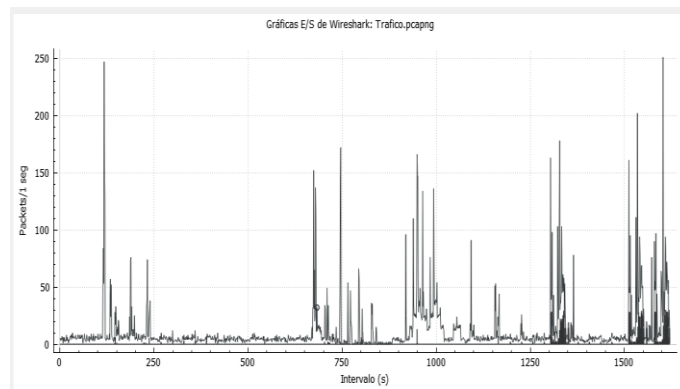


Fig. 12. Grafica E/S de WireShark.
Fuente. Autores.

Por último, en la Figura 13. Se observa las longitudes de los paquetes y se encontró que la mayoría de estos con más del 80% tienen una longitud entre 40 y 79, además estos tienen un rate de 0.0093 ms.

Topic / Item	Count	Average	Min Val	Max Val	Rate (ms)	Percent	Burst Rate	Burst Start
Packet Lengths	18796	75.31	42	1514	0.0116	100%	1.3300	1603.906
0-19	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
20-39	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
40-79	15107	59.18	42	77	0.0093	80.37%	1.2100	1603.906
80-159	2914	101.56	80	149	0.0018	15.50%	0.6200	1598.967
160-319	685	203.25	163	291	0.0004	3.64%	0.1000	674.381
320-639	24	497.12	329	636	0.0000	0.13%	0.0300	1535.575
640-1279	53	1061.09	882	1084	0.0000	0.28%	0.0700	231.112
1280-2559	13	1401.62	1323	1514	0.0000	0.07%	0.0300	1535.607
2560-5119	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
5120 and greater	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-

Fig. 13. Longitudes de paquete.
Fuente. Autores.

IV. RECOMENDACIONES

1- Para mantener la red activa en todo momento permitiendo el acceso remoto a los dispositivos, no se deberá desconectar ningún dispositivo de esta red y además todos los dispositivos deberán estar encendidos, en caso de que sea

necesario desconectar un dispositivo, los demás deberán seguir cumpliendo con la conexión en cascada, con el fin de asegurar así la comunicación entre todos los dispositivos.

2- En los dispositivos se encuentran unas etiquetas con las direcciones IP con las que se tendrán que configurar, esto para que no haya direcciones IP repetidas y para que los que acceden a los dispositivos remotamente tengan un fácil y rápido acceso a los mismos.

3- En caso de conectar un nuevo dispositivo a la red, se le deberá asignar a este una dirección IP diferente a las ya asignadas en el laboratorio, esto para evitar conflictos con dispositivos que se encuentren con la misma dirección IP.

4- Para agregar un nuevo dispositivo a la red, se podrá hacer mediante los switches encontrados en los bancos de los PLC Allen Bradley, los cuales cuentan con puertos ethernet libres.

5- En caso de no tener acceso a los dispositivos de la red, revisar la conexión en cascada, puede que algún cable ethernet se encuentre mal conectado o suelto, si sigue sin acceso a los dispositivos comunicar el docente o laboratorista para dar pronta solución.

V. CONCLUSIONES

La conexión remota a los dispositivos del laboratorio suplió la necesidad de realizar actividades prácticas presenciales, dado que asegura una conexión estable con todos los dispositivos brindando el control de estos remotamente.

Con la conexión de todos los dispositivos a la red del laboratorio se establece el acceso de los demás dispositivos mediante el uso de uno solo, dado que los PLC se encuentran conectados en cascada permitiendo lo dicho anteriormente.

Gracias a la conexión implementada los estudiantes en su regreso a la presencialidad tendrán un desarrollo de las prácticas en el laboratorio más cómodo y seguro, debido a que sin importar en qué lugar de la sala se encuentren podrán obtener acceso a cualquier dispositivo en la red haciendo que se cumplan las normas de distanciamiento para mitigar la propagación del virus.

La aplicación de una topología mixta fue pertinente ya que de esta manera se pudo solventar las necesidades que se tenían, al mismo tiempo que se utilizaba los elementos de red físicos ya presentes en el laboratorio (puntos de conexión ethernet empotrados y switches industriales), todo esto sin agregar más elementos de red. La topología tipo bus permite a los computadores tener acceso constante a la red universitaria y la topología en cascada permite con pocos puntos de conexión ethernet, conectar todos los dispositivos industriales entre sí.

Los tiempos de reacción mediante la comunicación remota con AnyDesk dependen de la capacidad del procesador de los dos dispositivos que se van a comunicar y también depende de la calidad de internet al que se encuentre conectados estos dos dispositivos.

REFERENCIAS

- [1] "Protocolo TCP o protocolo de control de transmisión", Blog de Linube. Disponible: <https://linube.com/blog/protocolo-tcp/>. [Consulta: 4- Mar-2022].
- [2] "Qué es y cómo funciona el protocolo ip", Universidadvui.com, 2016. Disponible: <https://www.universidadvui.com/es/actualidad/nuestros-expertos/que-es-y-como-funciona-el-protocolo-ip>. [Consulta: 04- Mar-2022].
- [3] A. Bermúdez guerrero y M. Blanco Aparicio, diseño e implementación de una red de área local en los laboratorios de electrónica digital, telecomunicaciones y control automático de la universidad tecnológica de bolívar. año 2005.
- [4] "VLAN", Infotecs.mx, 2020. Disponible: <https://infotecs.mx/blog/vlan.html>. [Consulta: 04- Mar- 2022].
- [5] A. Estrada Corona, "PROTOCOLOS TCP/IP DE INTERNET", Revista Digital Universitaria, 2004.
- [6] Lamping, U., & Wamnicke, E. (2004). Wireshark user's guide. Interface, 4(6), 1
- [7] Figueroa Flores, J. C., & Aguiar Matías, J. E. (2013). Diseño e implementación de un laboratorio para prácticas de configuración y operación de redes de utilización de protocolos de enrutamiento.
- [8] McDonald, J. D. (1993, April). Developing and defining basic SCADA system concepts. In [Proceedings] 1993 Rural Electric Power Conference. Papers Presented at the 37th Annual Conference (pp. B3-1). IEEE.
- [9] CHAMBI APAZA, Y. C. (2021). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ REMOTA PARA LA EDUCACIÓN A DISTANCIA DE LA ESTACIÓN AUTOMATIZADA DE PROCESOS INDUSTRIALES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR, 2020 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur).



Hermes Y. Jerez P. Nació en Bucaramanga/Santander en el año 2000, recibió el título de técnico en venta de productos y servicios en el área de mercadeo del SENA en el año 2017, actualmente es estudiante de decimo semestre de ingeniería mecatrónica en la universidad Santo Tomas, y estudiante de primer semestre en la especialización en automatización industrial en la universidad Santo Tomas, ha participado en proyectos como la compuerta principal de un sistema de clasificación de basuras en la fuente, diseño y construcción de un cohete monitoreado remotamente, diseño y construcción de un sistema de dosificación automático de desinfectante.



Nikcolas Rojas Gonzalez Nacido en Bogotá DC en el año 2000, graduado en el año 2015 de Técnico en asistencia administrativa por el SENA. Actualmente es estudiante de ingeniería Mecatrónica y estudiante del postgrado de Especialización en automatización industrial en la universidad Santo Tomas Bucaramanga, líder investigador universitario certificado y desarrollador de proyectos de

seminario por 3 años Amplio conocimiento en software de diseño CAD, manejo y simulación de maquinaria CNC, programación (orientada a objetos, microcontroladores y desarrollo software), automatización industrial, simulación y montaje eléctrico, creador y desarrollador de proyectos. Actualmente trabaja como coordinador de producción y seguimiento como ingeniero de planta en una empresa afín al sector petrolero.