

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**MONITOREO DE REDES INALÁMBRICAS TIPO MESH MEDIANTE
PROTOCOLO SNMP**

PRESENTADO POR:

ALVARADO JUAREZ TONY ORLANDO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

PHD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR INTERINO:

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título:

**MONITOREO DE REDES INALÁMBRICAS TIPO MESH MEDIANTE
PROTOCOLO SNMP**

Presentado por:

ALVARADO JUAREZ TONY ORLANDO

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

DR. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE DE 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

DR. CARLOS EUGENIO MARTÍNEZ CRUZ

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, jueves 31 de octubre de 2019, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 10:00 a.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director


Firma

2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario


Firma

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- DR. CARLOS EUGENIO MARTINEZ CRUZ
(Docente Asesor)


Firma

- ING. WALTER LEOPOLDO ZELAYA CHICAS


Firma

- MSC. SALVADOR DE JESUS GERMAN


Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

MONITOREO DE REDES INALÁMBRICAS TIPO MESH MEDIANTE PROTOCOLO SNMP

A cargo del Bachiller:

- ALVARADO JUAREZ TONY ORLANDO

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.7

(OCHO PUNTO SIETE)

AGRADECIMIENTOS

Aunque a lo largo de mi vida, nunca he tenido el don de la escritura y la palabra pero, en esta pequeña sección en la que se permite expresar los pensamientos; quiero expresar la gratitud que siento al haber llegado hasta este momento en el que culmino mi carrera. En primer agradezco a Dios por permitirme llegar al momento y lugar en el que me encuentro cuando escribo estas palabras, por permitirme vivir diferentes experiencias a lo largo del tiempo como estudiante en la universidad y que me han brindado la oportunidad de aprender, reflexionar y crecer como persona.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres Orlando Wilfredo Alvarado y Julia Alicia Juarez porque sin su ayuda, confianza y sabiduría que me brindan en todo momento, nunca habría podido llegar a culminar mi carrera. Quiero expresar mi profundo agradecimiento también a mi tío Jorge Alberto Juarez por apoyarme siempre en momentos de necesidad desde que inicie mis estudios universitarios. También quiero darle gracias a mi asesor de tesis, el Dr. Carlos Martínez porque con su guía y apoyo en el proceso de tesis he logrado llegar a la culminación de mi trabajo de graduación y por eso le estaré agradecido siempre.

Agradezco profundamente a mi amigo y antiguo compañero de estudios, el Ing. Xavier Torres Amaya porque me brindo consejos y ayuda en los momentos que más lo necesitaba.

Extiendo también un agradecimiento muy especial a uno de mis más grandes amigos, él ha sido la persona que probablemente más ha confiado en mí (incluso aun cuando yo no quería creer en mí mismo) y gracias a sus consejos y apoyo a lo largo de los años, los momentos divertidos y tristes que hemos enfrentando ambos he logrado aprender y crecer como persona, admiro la fuerza de carácter que posee para enfrentar las pruebas de la vida y espero seguir contando con tu amistad por muchos años más Jeremías Bolaños. También quisiera extender mi gratitud a otros amigos que me han ayudado de una u otra forma a culminar mi carrera y con los que he compartido todo este tiempo, Edgardo Larin, Bayron Villarán y Hernán Gálvez quienes han sido, son y serán compañeros de batalla con quien siempre puedo contar, Humberto Sánchez quien es mi amigo y compañero con quien hemos pasado ratos divertidos compartiendo pasatiempos, viajando a diferentes departamentos del país solo para pasar ratos divertidos y amenos con amigos y conocidos.

Y finalmente, quiero agradecer a mis compañeros que a lo largo de esta carrera universitaria he conocido, y a quienes los considero como verdaderos amigos, con quienes se puede contar y con los cuales los momentos y pruebas difíciles de esta carrera se hicieron menos pesadas y en muchas ocasiones se convirtieron en momentos divertidos. David Chacón, David Cardona, Noé Díaz, Esteban Monge, Jimmy Herrera, Moisés Romero, Diego Guidos, Marvin Contreras, Marcelo Herrera, Samuel Granados y Joaquín Ramírez todos ellos integrantes del grupo de amigos conocidos como “El Carton” del cual ellos me ha permitido formar parte también, les expreso mi profunda y sincera gratitud por su apoyo, ayuda y guía que me brindaron y brindan.

Sé que en el transcurso de la carrera hubo momentos difíciles pero, Hey! Las risas nunca faltaron!

Tony Orlando Alvarado Juarez

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	12
1.1 Interés del desarrollo del proyecto	13
1.2 Antecedentes	13
1.2.1 Topología malla de los MP01	14
1.2.2 Protocolo B.A.T.M.A.N.D Advance (B.A.T.M.A.N.D Adv).....	16
1.2.3 Protocolo SNMP	16
1.2.4 Protocolo Simple de Administración de Red	17
1.2.4.1 Elementos y mensajes en SNMP	17
1.2.4.2 Método Polling, puertos usados y formato de mensajes SNMP.	18
1.2.4.3 Bases de Información de Administración (MIB) e Identificadores de Objetos (OID) ..	19
1.2.5 Herramienta de monitoreo de código abierto Zabbix	20
1.2.5.1 Zabbix.....	20
1.2.5.2 Herramienta de monitoreo Zabbix	20
1.2.5.3 Elementos que conforman a Zabbix.	21
1.2.5.4 Servidor Zabbix.....	21
1.2.5.5 Agentes de monitoreo.....	21
1.3 Limitaciones actuales	22
1.4 Motivación para realizar el proyecto	23
1.5 Objetivos	23
1.5.1 Objetivo general	23
1.5.2 Objetivos específicos	23
CAPITULO II: USO DE PROTOCOLO SNMP, MONITOREO CON ZABBIX Y ESCENARIOS DE PRUEBA DE LABORATORIO	24
2.1 Selección de protocolos y programas	24
2.1.1 Limitaciones de los MP01.....	24
2.2 Protocolo SNMP y su relación con la herramienta de monitoreo Zabbix	24
2.2.1 Protocolo y mensajes SNMP	24
2.2.2 Zabbix y Comandos SNMP.....	26
2.3 Esquema básico de monitoreo a implementar	28
2.4 Escenarios de pruebas	29
2.4.1 Primer escenario de prueba: Servidor Zabbix y monitoreo de MP01.	29

2.4.2 Primera prueba de laboratorio: configuración de MP01	30
2.4.3 Segundo escenario de pruebas: configuración de servidor Zabbix en sistema operativo Raspbian.....	37
2.4.3.1 Segundo escenario de pruebas: configuración de MP01 a agregar a la malla y monitoreo realizado	38
2.4.4 Tercer y último escenario de pruebas: Levantamiento y configuración de servidor bajo costo basado en Raspberry e instalación y configuración de servidor Zabbix.....	44
CAPITULO III: CONFIGURACION DE NODOS DE LA RED WiFi, MONITOREO CON SERVIDOR ZABBIX Y RESULTADOS OBTENIDOS	48
3.1 El estado actual de la red WiFi.	48
3.2 Configuración de los nodos activos de la red WiFi.	49
3.3 Configuración de red WiFi en el servidor Zabbix	51
3.4 Monitoreo SNMP de Red_WiFi y resultados obtenidos.	52
3.5 Prueba realizada y resultados obtenidos en un nodo de la red de medidores.....	59
3.5.1 Motivación para realizar la prueba.....	59
3.5.2 Elección del nodo de prueba y configuración del MP01	59
3.5.3 Configuración del nodo en el servidor Zabbix, monitoreo SNMP y resultados obtenidos.....	61
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.....	65
4.1 Conclusiones	65
4.2 Líneas futuras.....	66
ANEXO A.1 CONFIGURACION DE UN SERVIDOR ZABBIX.....	68
ANEXO A.2 CONFIGURACION DE INTERFACES DE RED PARA SERVIDOR ZABBIX EN RASPBAN ...	76
BIBLIOGRAFÍA	78

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ARQUITECTURA DE RED INALAMBRICA TIPO MALLA.	14
FIGURA 2. FORMATO DE UNA CONSULTA HACIENDO USO DE MENSAJES SNMP.....	18
FIGURA 3. DIAGRAMA BASICO PARA EL METODO DE OBTENCIÓN DE INFOMACIÓN POR MEDIO DE MENSAJES SNMP HACIA UN DISPOSITIVO ADMINISTRADO.	19
FIGURA 4. PROCESO DE OBTENCION DE INFORMACION ENTRE UNA ESTACION ADMINISTRADORA Y UN DISPOSITIVO CON AGENTE SNMP ACTIVO.....	25
FIGURA 5. GENERACION DE NOTIFICACIONES EN RESPUESTA A INTERRUPCIONES EN UN DISPOSITIVO ADMINISTRADO POR MEDIO DEL COMANDO TRAP EN PROTOCOLO SNMP.....	26
FIGURA 6. MODELO DE RED DE MONITOREO A IMPLEMENTAR PARA REALIZAR PRUEBAS DE LABORATORIO CON SERVIDOR ZABBIX Y ROUTERS MP01 CON PROTOCOLO SNMP ACTIVO.....	28
FIGURA 7. USO DE LOS REPOSITORIOS DE ZABBIX PARA LEVANTAMIENTO DE SERVIDOR.....	29
FIGURA 8. VERIFICANDO QUE EL SERVIDOR ZABBIX SE EJECUTE CORRECTAMENTE.	29
FIGURA 9. CONFIGURACION DE INTERFAZ DE RED E INTERFAZ INALAMBRICA DEL SUPERNODO MP01 DE LA RED TIPO MALLA.....	31
FIGURA 10. COPIADO DE PAQUETERIA SNMP A MP01 POR MEDIO DE SCP.	31
FIGURA 11. INSTALACION DE PAQUETE PRINCIPAL DE PROTOCOLO SNMP DENTRO DE MP01.	31
FIGURA 12. ESCENARIO DE LA PRIMERA PRUEBA DE LABORATORIO USANDO ZABBIX PARA MONITOREAR POR MEDIO DE PROTOCOLO SNMP UN ROUTER MP01 CON AGENTE SNMP ACTIVO.	32
FIGURA 13. ACCEDIENDO A LA INTERFAZ WEB DEL SERVIDOR ZABBIX PARA REALIZAR CONFIGURACIONES Y EJECUTAR EL MONITOREO.	33
FIGURA 14. PARAMETROS ASIGNADOS A MP01 PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.....	33
FIGURA 15. AGREGANDO TEMPLATES SNMP AL HOST CREADO.	34
FIGURA 16. DEFINICION DE USUARIOS QUE PUEDEN ACCEDER A LA INFORMACION.	34
FIGURA 17. INFORMACION OBTENIDA POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION GENERAL DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.....	35
FIGURA 18. INFORMACION OBTENIDA POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION DE ESTADO DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.....	35
FIGURA 19. INTERFACES DE RED DETECTADAS POR EL MODULO DE INTERFACES DE RED PARA LAS DIFERENTES TARJETAS DE RED QUE POSEE EL MP01.	36
FIGURA 20. TRAFICO DE RED EN TARJETA eth0 DEL MP01 MOSTRADO POR MODULO DE INTERFACES DE RED.	36
FIGURA 21. TRAFICO DE RED EN TARJETA ath0 DEL MP01 MOSTRADO POR MODULO DE INTERFACES DE RED.	37
FIGURA 22. USO DE LOS REPOSITORIOS DE ZABBIX PARA LEVANTAMIENTO DE SERVIDOR DENTRO DEL SISTEMA OPERATIVO RASPBIAN.	38
FIGURA 23. VERIFICANDO QUE EL SERVIDOR ZABBIX SE EJECUTE CORRECTAMENTE EN RASPBIAN.	38

FIGURA 24. CONFIGURACION DE INTERFAZ DE RED E INTERFAZ INALAMBRICA DEL MESH02 DE LA RED TIPO MALLA.	39
FIGURA 25. CONFIGURACION DE INTERFAZ DE RED E INTERFAZ INALAMBRICA DEL MESH03 DE LA RED TIPO MALLA.	40
FIGURA 26. PARAMETROS ASIGNADOS A MESH02 PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.....	40
FIGURA 27. PARAMETROS ASIGNADOS A MESH03 PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.....	41
FIGURA 28. AGREGANDO TEMPLATES SNMP AL HOST MESH02 y MESH 03 CREADOS.	41
FIGURA 29. DEFINICION DE USUARIOS QUE PUEDEN ACCEDER A LA INFORMACION DE MESH02 y MESH03.....	41
FIGURA 30. INFORMACION OBTENIDA DE LOS MP01 DE LA RED POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION DE ESTADO DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.	42
FIGURA 31. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INTERFACES DE RED PARA EL SUPERNODO MESH01 DE LA MALLA.....	43
FIGURA 32. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INTERFACES DE RED PARA EL MESH02 DE LA MALLA.	44
FIGURA 33. INFORMACION OBTENIDA DE LOS MP01 DE LA RED POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION DE ESTADO DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.	46
FIGURA 34. USO DE LOS RECURSOS DE MEMORIA RAM Y PROCESADORES DEL EQUIPO RASPBERRY PI3.....	47
FIGURA 35. DISTRIBUCION DE LOS NODOS ACTIVOS DE WIFIA.....	49
FIGURA 36. PARAMETROS IP DE ROUTER USADO PARA CONFIGURAR NODOS DE RED WIFIA.....	50
FIGURA 37. COPIADO DE PAQUETERIA SNMP EN NODO 161.....	50
FIGURA 38. CREACION DE GRUPO Red_WiFIA.....	51
FIGURA 39. PARAMETROS ASIGNADOS A Mesh120_super_nodo PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.....	51
FIGURA 40. SELECCIÓN DE LOS MODULOS DE RECOLECCION DE DATOS, DEFINICION DE USUARIO Y MACROS EN SNMP.	52
FIGURA 41. GRUPO Y MIEMBROS DEL GRUPO Red_WiFIA LISTO PARA INICIAR EL MONITOREO SNMP.....	52
FIGURA 42. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INFORMACION GENERAL, PRIMEROS MIEMBROS DE LA RED.	53
FIGURA 43. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INFORMACION GENERAL, MIEMBROS RESTANTES DE LA RED.....	54
FIGURA 44. UBICACIÓN DE Mesh180 (izquierda) y DIFERENCIA DE ALTURAS CON EDIFICIO DE ADMINISTRACION ACADEMICA (DERECHA).....	55
FIGURA 45. UBICACIÓN DE Mesh184 Y UBICACIÓN DEL EDIFICIO DE LA ADMINISTRACION ACADEMICA.....	56
FIGURA 46. NOTIFICACIONES EN ZABBIX.	57
FIGURA 47. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED eth0 DE Mesh120_super_nodo.....	57
FIGURA 48. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED ath0 de Mesh120_super_nodo.	58
FIGURA 49. COPIA DE ARCHIVOS DE PAQUETERIA SNMP EN NODO AGRONOMIA.	61
FIGURA 50. INSTALACION DE PAQUETERIA SNMP EN NODO AGRONOMIA.....	61

FIGURA 51. PARAMETROS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INFORMACION GENERAL SNMPv2.	62
FIGURA 52. PARAMETROS RECOLECTADOS POR MODULO DE INFORMACION DE ESTADO.	63
FIGURA 53. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED ath0 DE Agronomia217.....	63
FIGURA 54. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED EN br-lan DE Agronomia217.....	64
FIGURA 55. DESCARGANDO PAQUETE .DEB DE REPOSITARIOS DE ZABBIX.	68
FIGURA 56. ACTUALIZANDO REPOSITARIOS DE RASPBIAN.	69
FIGURA 57. INSTALACION DE FRONT-END, BASE DE DATOS Y SERVIDOR ZABBIX.....	69
FIGURA 58. CONFIGURACION DE SERVIDOR ZABBIX CON BASE DE DATOS DE MYSQL.....	71
FIGURA 59. CAMBIO DE ZONA HORARIA EN ARCHIVO DE CONFIGURACION DE APACHE PHP.....	72
FIGURA 60. PRIMER INICIO DE INTERFAZ WEB DEL SERVIDOR ZABBIX.	73
FIGURA 61. CUMPLIMIENTO DE PRERREQUISITOS DE SERVIDOR ZABBIX.....	73
FIGURA 62. PARAMETROS DE BASE DE DATOS DE MYSQL.	74
FIGURA 63. PARAMETROS DEL SERVIDOR ZABBIX PARA ACCEDER A INTERFAZ WEB.....	74
FIGURA 64. RESUMEN DE CONFIGURACION DE INTERFAZ WEB DE SERVIDOR ZABBIX.	74
FIGURA 65. PANTALLA DE INICIO DE SESION DEL SERVIDOR ZABBIX.	75

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. LUGARES DE UBICACIÓN PARA LOS NODOS DE LA RED WIFIA.....	15
TABLA 2. NODOS QUE SE ENCUENTRAN ACTIVOS DE LA RED WIFIA.....	48
TABLA 3. ESTADO ACTUAL Y ESPACIO DE MEMORIA DISPONIBLE DE LOS NODOS DE LA RED DE MEDIDORES.....	60

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de El Salvador ha realizado proyectos de investigación en el campo de montaje y configuración de redes inalámbricas, siendo dos de estos proyectos la red de routers MP01 configurados en topología de tipo malla y ubicada en la facultad de ingeniería y arquitectura conocida como red WiFIA y la segunda red está compuesta por routers distribuidos a lo largo del campus de la sede central, conocida como red de medidores. Con el desarrollo de dichos proyectos de redes inalámbricas, se ha tenido la necesidad de utilizar programas de monitoreo para observar el estado de conexión de los nodos en dichas redes mencionadas anteriormente.

Con el pasar del tiempo, dichos programas de monitoreo han dejado de contar con soporte técnico de sus creadores y esto a los ha llevado a que eventualmente sean clasificados como descatalogados. Es por ello que en este trabajo de graduación propone una nueva opción en cuanto a programas de monitoreo se refiere, basándose en el uso de herramientas de código abierto tal como lo es el programa de monitoreo llamado Zabbix y su integración con los MP01 por medio de protocolo SNMP, con lo cual se presenta una nueva opción para dar continuidad al monitoreo y verificación de estado de equipos de redes inalámbricas, como es en el caso de WiFIA y la red de medidores, que impulsa la escuela de ingeniería eléctrica.

Este trabajo tiene como eje principal en su primer apartado, mostrar conceptos y teoría relacionada a las herramientas de código abierto y protocolo SNMP usados durante su desarrollo, con esto se prepara al lector para que se familiarice con las ideas y propósito que tiene este trabajo de graduación y le permita sentar una base de conocimientos adecuada. El segundo apartado presenta los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio realizadas bajo condiciones de un escenario controlado tanto para Zabbix como también para el protocolo SNMP instalado en los MP01, también se muestra la implementación de un servidor de bajo costo para el almacenamiento de datos basado en Raspberry Pi. El último apartado presenta los resultados obtenidos luego de implementarlo en la red de routers WiFIA en condiciones reales, así como también presentar resultados obtenidos en routers de la red de medidores.

1.1 Interés del desarrollo del proyecto.

El estado actual de los nodos en las redes WiFIA y de medidores, en algunos casos, es desconocido debido a la falta de programas de monitoreo con soporte técnico adecuado. Es por ello que se tuvo la necesidad de buscar e investigar acerca de herramientas de monitoreo actualizadas, y con soporte técnico vigente, que permitan conocer el estado de los nodos de la red que se desee monitorear, para de este modo seguir dando continuidad al uso la misma. Mediante el uso de estas herramientas de monitoreo, la tarea de verificación de estado de conexión entre los nodos de la red será llevada a cabo, y además, se agregarán nuevas variables al monitoreo tales como la presentación del tráfico de red para cada tarjeta de red de cada nodo y también se hará uso de un sistema de notificaciones para el usuario basadas en respuestas a eventos no programados ocurridos en la red administrada.

1.2 Antecedentes.

Desde el año 2008, la escuela de ingeniería eléctrica ha impulsado el tema de investigación, desarrollo y configuración de redes inalámbricas, dos de estos proyectos han sido la red de routers MP01 ubicada en la facultad de ingeniería y arquitectura, la cual es conocida por el nombre de WiFIA, cuyo propósito era brindar servicios de telefonía de bajo costo en dicha facultad, y, una segunda red de MP01, conocida como red de medidores [1], distribuida en a lo largo del campus la cual tiene como propósito recolectar y almacenar variables eléctricas para representar consumo y calidad de energía. Estas redes a lo largo del tiempo han sido ampliadas y actualizadas para su posterior monitoreo, pero en los últimos años los programas de monitoreo usados en ellas han sido descatalogados, tal es el caso del programa S.P.U.D (Simple Unified Dashboard for Mesh Networks) usado en la red de medidores mencionada con anterioridad, así como también la red WiFIA, la cual no cuenta con un programa de monitoreo para verificar el estado de sus nodos y los diferentes parámetros que esta maneja.

Aprovechando la topología tipo malla, se utilizaran herramientas de código abierto y protocolo SNMP para llevar acabo el monitoreo de los nodos de la red WiFIA y también presentar pruebas de campo realizadas en algunos routers de la red de medidores distribuida a lo largo del campus de la universidad.

Basándose en el desarrollo de proyectos anteriores, se retoma la idea de utilizar un servidor de almacenamiento de datos de bajo costo basándose en Raspberry Pi, en el cual se instalará el programa Zabbix, se le habilitará el protocolo SNMP y se configurará usando parámetros de la familia de direcciones lógicas (IP's) que se utilizan en las redes ya mencionadas.

Además de verificar el estado de conexión entre los nodos de la red que se monitorice por medio de Zabbix, también se añadirán características que mostrarán datos relacionados con algunos parámetros de importancia respecto al uso de la red que se administre.

1.2.1 Topología malla de los MP01

Los primeros trabajos de investigación y configuración de redes consistió en la implementación de la topología de red de tipo malla por medio del uso de routers MP01, esta topología se ha mantenido vigente a lo largo del desarrollo de muchos trabajos de graduación los cuales han tenido como objetivo actualizar firmware e implementar programas según sea la finalidad de cada trabajo.

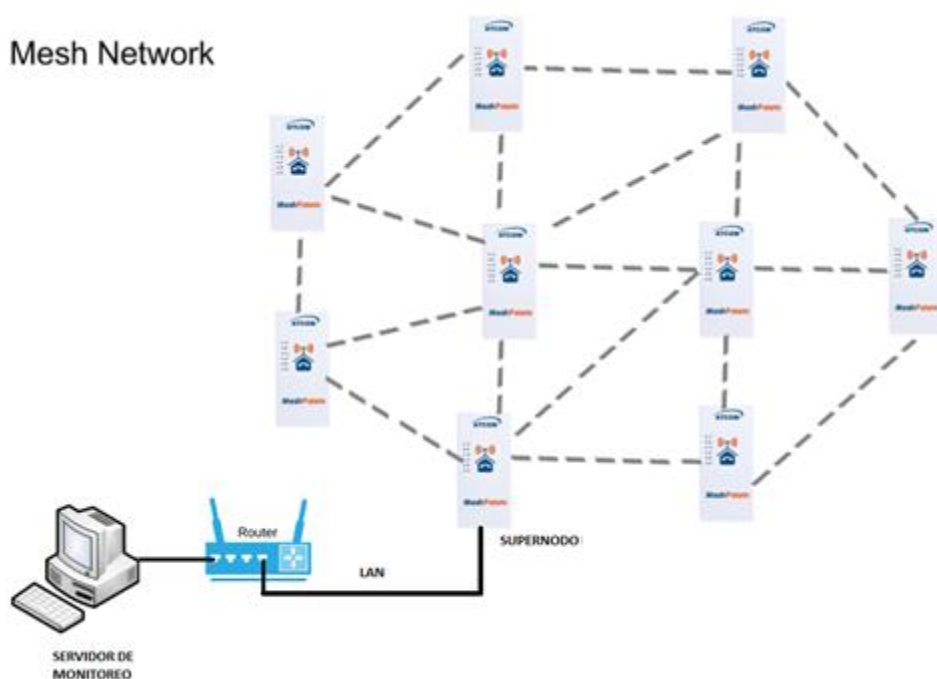


FIGURA 1. ARQUITECTURA DE RED INALAMBRICA TIPO MALLA.

La FIGURA 1 muestra de manera básica la estructura de la topología de red tipo malla, la red de MP01 presente en la facultad de ingeniería y arquitectura, y, la red de medidores distribuida en el campus de la universidad, están configuradas usando este tipo de topología.

Las redes inalámbricas conformadas por routers MP01 poseen elementos principales que se describen a continuación:

- **Nodos:** conformados por routers inalámbricos como es el caso de los MP01. Estos son los encargados de establecer comunicación entre diferentes puntos de la malla utilizando la mejor ruta establecida entre enlaces inalámbricos.
- **Nodos principales o supernodos:** es aquel nodo que está definido como puerta de enlace principal para todos los demás routers inalámbricos y por el cual pasa el mayor tráfico de red. Para el caso de WiFi, el supernodo se encuentra ubicado sobre el techo y a un costado de la escuela de ingeniería eléctrica.
- **Servidor de monitoreo:** se trata de una terminal por medio de la cual se emplean programas para monitorear el estado de conexión de los nodos de una red por medio del uso de

programas y herramientas de código abierto. Para el caso de este trabajo de graduación, el servidor de monitoreo implementará un prototipo de bajo costo basado en el uso de Raspberry Pi, protocolo SNMP y la herramienta de monitoreo de código abierto Zabbix.

Los MP01 actualmente cuentan con características y funcionalidades PBX basadas en Asterisk, y también están provistos con el protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N.D Adv el cual se encarga de realizar los enlaces inalámbricos entre nodos de manera automática. Estos routers poseen capacidades de brindar servicios de telefonía IP y también pueden actuar como Access Point (AP). Inicialmente la red WiFIA se implementó usando la cantidad de 21 MP01 los cuales serán listados en la TABLA 1. A partir de los años 2014 y 2015 la cantidad de MP01 en estado operativo ha ido disminuyendo debido a diferentes razones tales como falta de mantenimiento o han sufrido daños los cuales los llevan a dejar de operar.

Red WiFIA			
Ubicación del nodo	Nombre	IP MP01	Estado del nodo
Arquitectura*	Elizabeth de pineda	10.130.3.160	Inactivo
Arquitectura	Álvaro Zaldana	10.130.3.161	Activo
Arquitectura*	Francisco Álvarez	10.130.3.162	Inactivo
Arquitectura*	Miguel Rosales	10.130.3.163	Inactivo
Arquitectura*	Laboratorio	10.130.3.164	Inactivo
FIA**	ASEIAS	10.130.3.187	Inactivo
FIA	ASEIC	10.130.3.180	Activo
FIA*	ASEIE	10.130.3.181	Inactivo
FIA	ASEII	10.130.3.184	Activo
FIA**	ASEIM	10.130.3.182	Inactivo
Biblioteca FIA**	Dirección	10.130.3.171	Inactivo
Biblioteca FIA**	Colección General	10.130.3.172	Inactivo
Biblioteca FIA**	Tesario	10.130.3.173	Inactivo
E.I.I	Georgeth Rodríguez	10.130.3.132	Activo
E.I.I	Omar	10.130.3.130	Activo
E.I.I*	Oscar Monje	10.130.3.133	Inactivo
E.I.E**	Lab. Fotovoltaicos	10.130.3.121	Inactivo
E.I.E (SUPERNODO)	Secretaria	10.130.3.120	Activo
E.I.E*	Lab. Dr. Carlos Martínez	10.130.3.195	Inactivo
E.I.C*	Profesores	10.130.3.110	Inactivo
E.I.Q*	Dirección	10.130.3.103	Inactivo

TABLA 1. LUGARES DE UBICACIÓN PARA LOS NODOS DE LA RED WIFIA.

(*) El router se encuentra fuera de servicio.

(**) El router requiere mantenimiento.

1.2.2 Protocolo B.A.T.M.A.N.D Advance (B.A.T.M.A.N.D Adv).

Es un protocolo de ruteo que opera a nivel de la capa de enlace de datos (capa 2) del modelo OSI y se ejecuta dentro del kernel Linux con el cual funcionan los MP01.

Este protocolo de enrutamiento inalámbrico es el encargado de realizar el intercambio de información entre nodos por medio de paquetes UDP y con esta información crear tablas de enrutamiento dentro de las cuales estarán definidas las diferentes rutas a seguir para establecer comunicación entre diferentes nodos de la red inalámbrica. Este protocolo permite el manejo y transporte de la información por medio de tramas de Ethernet sin procesar junto a la información de tráfico de datos, esta información es encapsulada y reenviada por los diferentes nodos hasta llegar al destino al cual este predestinada, a este modo de transporte de datos se le puede considerar como la operación de un conmutador virtual en todos los nodos que participen en el proceso. Con esta característica, los nodos se comportan como enlace local y no son conscientes de la topología completa de la red, así como no son afectados por los cambios de la misma.

1.2.3 Protocolo SNMP

El protocolo SNMPv1 fue creado a mediados de los años ochenta por Case, McCloghrie, Rose y Waldbusser, pretendiendo proveer una solución a los problemas de comunicación que existían en esa época entre diferentes tipos de redes [2].

En primera instancia, el objetivo de la creación de este protocolo era el de brindar servicios de comunicación básica entre diferentes redes que utilizaban equipos provenientes de diversos fabricantes, hasta que futuros y más robustos protocolos fueran creados para solventar de manera más eficiente las tareas de administración de redes. Situado a nivel de la capa de Aplicación (capa 7) del modelo OSI se ejecuta SNMP, esta capa es la que permite la ejecución servicios de red y define protocolos según la aplicación que se encuentren fuera de este modelo.

En la época de la creación de este protocolo, los administradores de red terminaron por adoptar SNMPv1 como la única opción estándar para administración de redes debido a que protocolos sucesores (como se esperaban en ese entonces) no fueron desarrollados.

Gracias a las facilidades de administración de redes que este protocolo poseía, el intercambio de información a través de redes, por medio del uso de mensajes de Unidades de Protocolo de Datos (PDU por sus siglas en inglés) fue posible debido a que estos funcionan al mismo nivel de capa en el que el protocolo opera. Las razones de simpleza de uso, intercambio de información por medio de mensajes y facilidad de extensión a múltiples redes fueron las características que llevaron a SNMP a convertirse en un estándar entre diferentes usuarios y empresas, ya que evitó generar complicaciones en las tareas de administración de redes en su época de creación y lanzamiento.

Como toda versión inicial de cualquier programa, SNMPv1 tenía limitantes y no era perfecto, el protocolo en sus inicios no estaba diseñado para gestionar numerosas redes informáticas (que día a día iban creciendo, expandiéndose y aumentando en número), con lo anterior, surge la versión 2 del protocolo la cual trajo consigo innovaciones y características que tenían por objetivo cubrir las carencias que su predecesor poseía, algunas de dichas características e innovaciones son:

- Implementa medidas de seguridad, que su antecesor no tenía, protegiendo la privacidad de los datos, usa el método de autenticación de usuarios y permite el control de acceso a la información.
- Mayor detalle en la definición de las variables.
- Se añaden tablas de datos para facilitar el manejo de la información.

SNMPv2 fue considerado por algunos usuarios como un parche de mejoras con respecto a su primera versión, algunas de las medidas de seguridad propuestas en SNMPv2 no fueron implementadas y tuvieron que esperar hasta ser introducidas en futuras versiones del protocolo, fue entonces que SNMPv3 fue creado y las medidas de seguridad esperadas en su antecesor fueron puestas en práctica. Algunas de las ventajas que SNMPv3 posee con respecto a sus predecesores son:

- Añade algunas características de seguridad como privacidad, autenticación y autorización a la versión 2 del protocolo.
- Uso de Lenguajes Orientados a Objetos para la construcción de los elementos propios del protocolo (objetos). Estas técnicas confieren consistencia y llevan implícita la seguridad, por lo que ayudan a los mecanismos de seguridad.

1.2.4 Protocolo Simple de Administración de Red

El protocolo simple de administración de red (Simple Network Management Protocol por sus siglas en inglés) es un protocolo de comunicación cuyo propósito es facilitar el intercambio de información entre dispositivos de red para verificar el estado de sus servicios, supervisar el estado de una red en la cual este ejecutándose este protocolo, solicitar información acerca de los diferentes parámetros de algún dispositivo de la red en la cual este protocolo este activo, etcétera. Utilizando al modelo OSI, este protocolo opera a nivel de la capa de aplicación conocida como la capa 7.

1.2.4.1 Elementos y mensajes en SNMP

Una red administrada por medio de protocolo SNMP [3] consta de tres elementos básicos los cuales son descritos a continuación:

- **Agente SNMP (SNMP Agent):** es el programa que estará encargado de enviar información acerca de un dispositivo de red cuando esta sea solicitada.
- **Sistema Administrador de Red (Network Management System o NMS):** es aquel terminal o programa que por medio de diferentes aplicaciones monitoriza los datos enviados por el agente SNMP.

- **Dispositivos Administrados de Red (Network Devices):** son todos aquellos dispositivos de red en los que un agente SNMP se encuentre activo y los cuales envían información al Sistema Administrador de Red. Entre los dispositivos que pueden ejecutar este protocolo se tienen computadoras, switches, UPS y routers.

Durante la realización del presente trabajo de graduación, el protocolo SNMP fue instalado y habilitado en dispositivos de red tales como: servidores de bajo costo basados en Raspberry Pi y routers MP01 de la red WiFIA así como también en algunos equipos de la red de medidores.

Contando con los elementos básicos mencionados, SNMP también hace uso de mensajes para intercambiar información cuando se establece comunicación entre un NMS y un dispositivo por medio de palabras clave:

- **Lectura (GET):** Se utiliza para conocer información específica de los diferentes parámetros de un dispositivo administrado.
- **Escritura (SET):** Se utiliza para cambiar los valores de la información contenida dentro de un dispositivo administrado.
- **Captura (TRAP):** Este comando se utiliza para enviar información (por medio de un mensaje de notificación) al NMS acerca de sucesos o eventos no programados que ocurren mientras un dispositivo administrado sea monitoreado.

1.2.4.2 Método Polling, puertos usados y formato de mensajes SNMP.

El tipo de método de consulta que SNMP utiliza durante su ejecución es del tipo POLLING y este método está basado en realizar consultas de manera programada y sincronizada con los dispositivos de red administrados por el NMS.

Junto con el método POLLING tenemos un sistema de notificaciones el cual es conocido por el nombre de TRAP, estos como se explicó anteriormente son mensajes que el NMS recibe cuando un evento no programado ocurre en un dispositivo administrado.

SNMP cuando establece comunicación entre un NMS y dispositivos administrados se apoya mediante el uso de mensajes los cuales son enviados a través de puertos específicamente designados cuando se realiza esta interacción. Los puertos utilizados son el puerto 161, que es usado para el envío de mensajes SNMP, y, el puerto 162 para el manejo exclusivo de las notificaciones generadas por los TRAPS cuando ocurren.

Version del protocolo (SNMPv1, v2 o v3)	Comunidad (nombre de usuario usado para acceder a la información del dispositivo)	PDU (Mensaje tipo GET, SET o TRAP con el que se obtiene información de un dispositivo)
--	--	---

FIGURA 2. FORMATO DE UNA CONSULTA HACIENDO USO DE MENSAJES SNMP.

En la FIGURA 2, se puede apreciar el formato básico con el que los mensajes SNMP son enviados al momento de solicitar información a un agente o en el momento que los TRAPS reportan sucesos ocurridos. Cuando se habla de Comunidad, se refiere a la definición de un nivel de autenticación de parte del emisor del mensaje hacia un dispositivo administrado de forma que pueda verificarse si este tiene permiso para acceder a la información. La FIGURA 3, muestra el proceso básico de comunicación y obtención de información entre NMS y un dispositivo con agente SNMP activo.

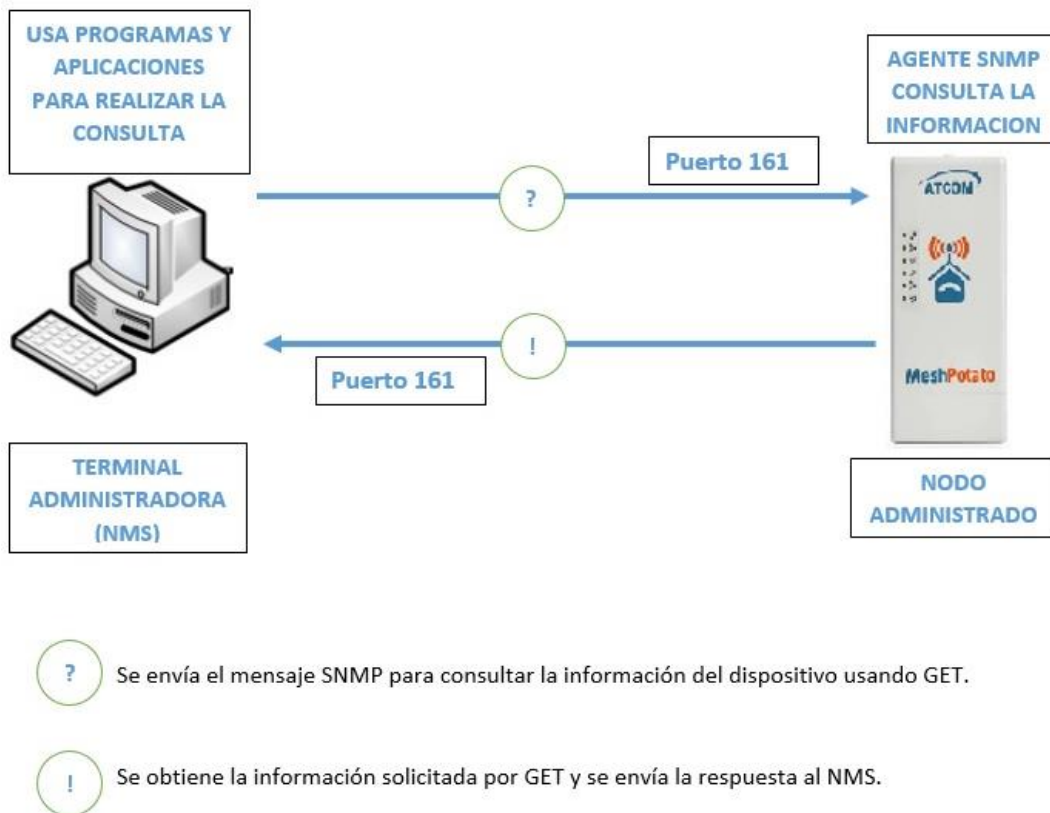


FIGURA 3. DIAGRAMA BASICO PARA EL METODO DE OBTENCIÓN DE INFOMACIÓN POR MEDIO DE MENSAJES SNMP HACIA UN DISPOSITIVO ADMINISTRADO.

1.2.4.3 Bases de Información de Administración (MIB) e Identificadores de Objetos (OID)

Cuando se habla de protocolo SNMP se debe hablar también de las bases de información y los identificadores de objetos que se encuentran presentes en los diferentes dispositivos de red que ejecuten dicho protocolo [4].

Las definiciones respectivas para MIB y para OID se presentan a continuación:

- **Base de Información de Administración (Management Information Base o MIB):** es la colección de información referente a los parámetros de un dispositivo IP administrado, esta información está organizada de manera jerárquica ya sea en forma de tablas o forma de árbol.

- **Identificador de Objetos (Object Identifier u OID):** los identificadores de objetos son utilizados dentro de las MIB para definir con un nombre o etiqueta a los diferentes parámetros que posea un dispositivo, estos pueden ser identificados por una cadena numérica o por una etiqueta específica que el fabricante del dispositivo le haya asignado, ejemplos de OID en un dispositivo son: nombre de una tarjeta de red y nombre del dispositivo.

Cuando se realiza una consulta ya sea con el método POLLING o por medio del uso de comandos SNMP directamente desde una terminal administradora, se debe tener en cuenta que, el mensaje SNMP es enviado hacia un dispositivo que cuente con un agente activo, este mensaje contendrá el PDU de consulta (véase FIGURA 2 y FIGURA 3) y la información referente a un parámetro que se desee conocer. Cuando el mensaje llega al dispositivo es procesado por el agente, luego consulta la base de información (MIB) y busca la información solicitada haciendo uso de los identificadores (OID), cuando el parámetro solicitado es encontrado dentro de la MIB el agente SNMP devuelve un mensaje en respuesta a la petición junto con la información del parámetro solicitado.

1.2.5 Herramienta de monitoreo de código abierto Zabbix

1.2.5.1 Zabbix

El programa de monitoreo de código abierto Zabbix fue desarrollado en el año 2004 por Alexei Vladishev con el propósito de proveer a los entusiastas en el campo de administración de redes una herramienta capaz realizar múltiples tareas que suplieran diversas necesidades que estos pudieran tener y que a su vez mantuviera un registro sobre los sucesos que ocurren en una red cuando esta es monitorizada. En sus primera versiones liberadas para uso público, Zabbix proveía servicios de monitoreo para numerosos parámetros de una red así como también ofrece servicio de monitoreo de servidores [5].

Actualmente el programa sigue siendo desarrollado por la empresa ZABBIX SIA que es la encargada de distribución, cuenta con soporte técnico y también cuenta con una comunidad de seguidores muy amplia que contribuye en el proceso de depuración y mejora del programa, con cada liberación se incluyen nuevas características que ayudan a facilitar las tareas de administración de redes y finalmente, al tratarse de un programa de código abierto, es una de las mejores opciones disponibles actualmente ya que es un programa libre de costo monetario.

1.2.5.2 Herramienta de monitoreo Zabbix

Zabbix es un programa de monitoreo que se encarga de vigilar numerosos parámetros de red, dispositivos IP y servidores. También cuenta con un sistema flexible de notificaciones que permite a los usuarios recibir alertas sobre prácticamente cualquier evento o suceso que ocurra en la red, dispositivo IP o servidor que se monitoree, permitiendo a un usuario de este modo tener una rápida reacción ante los problemas que se presenten cuando se administra una red.

Provee informes y muestra estadísticas detalladas acerca del comportamiento de la tarea que se le asigne monitorear basándose en la información y datos que almacena, también permite modificar sus configuraciones vía interfaz web permitiendo a un usuario acceder a la información que necesita desde prácticamente cualquier lugar por medio de métodos de autenticación de nombre de usuario y clave del mismo.

1.2.5.3 Elementos que conforman a Zabbix.

Zabbix cuenta con dos elementos principales en su funcionamiento, el primero se trata del conocido como servidor Zabbix y el segundo son los agentes monitoreo. A continuación se hará una breve descripción de estos así como también se presentarán algunas de las características que hacen de este programa una buena opción para realizar tareas de administración de red.

1.2.5.4 Servidor Zabbix

Es el núcleo del programa, es aquel que se encarga de comprobar a distancia los servicios de red, estado de conexión de los dispositivos y maneja el sistema de notificaciones cuando un suceso inesperado ocurre. El servidor Zabbix es el repositorio en el que todas las configuraciones, estadísticas, gráficos, informes y datos recolectados referentes a la administración de una red son almacenados. También es el elemento central en el que los agentes de monitoreo realizan informes las estadísticas y disponibilidad de información de la red administrada [6].

1.2.5.5 Agentes de monitoreo

Zabbix cuenta con características que hacen uso de diferentes agentes en cuanto a monitoreo de redes se refiere, actualmente cuenta con cuatro agentes disponibles y estos son presentados con una breve descripción a continuación:

- **ZBX (Zabbix Agent):** este es un agente propio de Zabbix, dicho agente se encarga de vigilar activamente los recursos locales y aplicaciones ejecutándose en el equipo donde se instale, este agente se utiliza principalmente con la finalidad monitorear servidores (espacio de disco duro, uso de memoria, uso de procesador, etc) tanto locales como remotos.
- **SNMP (Simple Network Management Protocol):** este método hace uso del protocolo SNMP para establecer comunicación con dispositivos IP dentro de una red, obtener información detallada sobre su comportamiento y servicios activos que posea por medio del uso de mensajes PDU y comandos SNMP. Este método también hace uso de los TRAPS para reportar cualquier evento ocurrido con un dispositivo y envía un mensaje de notificación que puede ser visualizado por medio de la interfaz web de Zabbix.
- **IPMI (Intelligent Platform Management Interface):** es una interfaz estándar para la administración remota de sistemas computacionales. Permite monitorear directamente los estados de equipos independientemente del sistema operativo que ocupen o el tipo de CPU que estos tengan.
- **JMX (Java Management Extension):** es un método que provee herramientas para administrar y monitorear aplicaciones, sistemas de objetos, dispositivos tales como impresoras en línea y redes orientadas a servicios.

En el desarrollo del presente trabajo de graduación se hizo uso del agente de monitoreo SNMP debido a su fácil integración y comunicación con los MP01 de la red WiFIA (y con algunos equipos de la red de medidores), en los cuales se instaló y habilitó el protocolo para que de este modo se pudiera establecer comunicación entre estos y el servidor Zabbix.

Zabbix cuenta con una amplia gama de cualidades y características generales que permiten de manera amigable al usuario realizar tareas de administración de redes, entre estas cualidades y características podemos mencionar:

- Es amigable con los usuarios debido a su facilidad de instalación y uso.
- Fácil de configurar.
- Administración vía WEB (visualización de datos, informes y configuraciones vía interfaz WEB).
- Escalabilidad (proporciona la opción de agregar numerosos dispositivos debido a una expansión de una red).
- Posibilidad de monitorear redes internas y externas.
- Sistema de alertas en respuesta a eventos ocurridos.
- Multiplataforma (Windows y Linux).
- Manejo de bases de datos (MySQL).

1.3 Limitaciones actuales

El estado actual de la red ha limitado el número de nodos monitorizados, algunos de los MP01 de la red WiFIA se encuentran fuera de uso, requieren mantenimiento o simplemente han sido retirados del lugar donde se encontraban instalados. También se debe hacer mención en el factor de la continuidad de los enlaces, al estar disponibles pocos nodos de la red WiFIA, la comunicación entre servidor y un nodo activo X en ocasiones no se lleva a cabo debido a que las rutas de acceso entre nodo y nodo no pueden establecerse, dicha comunicación entonces trata de llevarse a cabo por medio de enlaces punto-a-punto directamente entre nodos, este tipo de enlace punto-a-punto se ve afectado en su continuidad la mayoría de las veces debido a factores climáticos, vegetación y obstrucciones como edificios situados en algún punto de la línea vista entre dispositivos que intentan comunicarse.

Para el caso de la red de medidores, la comunicación entre nodos se ve afectada por factores similares a los descritos anteriormente pero, la comunicación entre nodo y nodo se lleva a cabo haciendo uso de las diferentes rutas debido a que se cuenta con una mayor cantidad de dispositivos que aún están activos. La principal limitación en la red de medidores es el poco espacio de memoria física disponible que poseen los MP01 y que esta memoria no es expandible, debido a que la instalación y habilitación del protocolo SNMP dentro de los MP01 requiere de al menos 1.5Mb y algunos de estos routers dentro de esta red no cuentan con el espacio de memoria suficiente, no se puede habilitar el protocolo en ellos y por lo tanto solo se realizaron pruebas en ciertos equipos que

contaban con espacio de memoria suficiente para habilitar SNMP en ellos. Los resultados obtenidos para esta prueba pueden ser vistos en el último apartado, dentro del CAPITULO III de este trabajo de graduación.

1.4 Motivación para realizar el proyecto

El montaje, configuración y administración de redes inalámbricas así como también un adecuado sistema de notificaciones puede brindar a un administrador de red información necesaria para responder a eventos ocurridos en dicha red que monitorea, ya sean estos fallos físicos en equipos o fallas a nivel de programas ejecutándose en los mismos. Con el sistema de notificaciones se le permite al administrador de red reaccionar a tiempo ante estos avisos y de este modo llevar a cabo mantenimientos ya sea preventivos o correctivos dependiendo del tipo de notificación, especialmente para el caso de la red WiFIA y la red de medidores, permitiendo de este modo dar continuidad a estos proyectos implementados en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Haciendo uso de herramientas de código libre, protocolo SNMP y creando un servidor de bajo costo basado en Raspberry Pi, implementar un sistema de monitoreo que provea información acerca del estado de conexión de los nodos en la red WiFIA, así como también, se haga uso de un sistema de mensajes de notificación adecuado el cual permita al administrador de red responder a eventos no programados, tales como fallos en conexión o fallos físicos, que ocurran la red administrada.

1.5.2 Objetivos específicos

- Implementar un servidor de monitoreo de bajo costo que permita conocer el estado de conexión de cada nodo en la red WiFIA.
- Emplear herramientas de código abierto como Zabbix y protocolo SNMP que permita gestionar la adecuada administración de una red inalámbrica.
- Realizar configuraciones necesarias en los equipos pertinentes, tanto para los MP01 como para el servidor de bajo costo, para la puesta en marcha del servidor de monitoreo.

CAPITULO II: USO DE PROTOCOLO SNMP, MONITOREO CON ZABBIX Y ESCENARIOS DE PRUEBA DE LABORATORIO

2.1 Selección de protocolos y programas

El primer paso para el desarrollo de este proyecto fue realizar una búsqueda e investigación acerca de las herramientas adecuadas que permitieran llevar a cabo la puesta en marcha del servidor de monitoreo. Una de las primeras decisiones tomadas fue la selección de un programa que permitiera monitorear el estado de conexión de los nodos de la red en la que fuera a ser implementado el monitoreo, dicho programa debía también estar relacionado a las características de programas y protocolos que pueden ser ejecutados en los MP01, para que de este modo, existiera compatibilidad entre programa de monitoreo y protocolos que se ejecutan dentro los routers.

Basado en el criterio anteriormente expuesto y en las características que los MP01 poseen debido al soporte técnico que el fabricante Village Telco ha dejado en su sitio web, se seleccionó al programa Zabbix debido a que este puede llevar a cabo monitoreo de redes por medio de protocolo SNMP, y este mismo protocolo, puede ser ejecutado en los MP01.

2.1.1 Limitaciones de los MP01

Los routers MP01 cuentan con poco espacio de memoria disponible, originalmente el espacio de memoria que estos poseen para realizar diferentes configuraciones, instalar y habilitar protocolos dentro de ellos es de 3.6Mb. Al utilizar un router para configurarlo y realizar pruebas de laboratorio bajo un entorno controlado, se comprobó que el espacio de memoria disponible luego de habilitar el protocolo SNMP dentro de este era de alrededor de 2.1Mb, esto quiere decir que la instalación y ejecución de este protocolo dentro de un MP01 necesita de alrededor de 1.5Mb de espacio disponible de memoria. Para el caso de los routers de la red WiFIA, el espacio de memoria necesitado cumplía con los requerimientos de instalación y configuración de SNMP. Pero para el caso de la red de medidores, el espacio de memoria disponible es limitado en muchos de los MP01 que conforman dicha red.

2.2 Protocolo SNMP y su relación con la herramienta de monitoreo Zabbix

2.2.1 Protocolo y mensajes SNMP

SNMP permite a los usuarios realizar tareas de administración y monitoreo de redes debido a que realiza un intercambio de información entre un administrador de red y dispositivos que se monitoricen. Es un protocolo relativamente sencillo de comprender debido a su sintaxis y ejecución del mismo a través de línea de comando, no exige extensos conocimientos o un alto nivel en el área de programación y por lo tanto es amigable con los usuarios y personas que inician en el campo del montaje y configuración de redes inalámbricas.

A continuación se presentará la forma (y también los comandos implicados en ello) en la que se establece el intercambio de información entre una terminal administradora (NMS) y un dispositivo de red que tenga un agente SNMP activo.

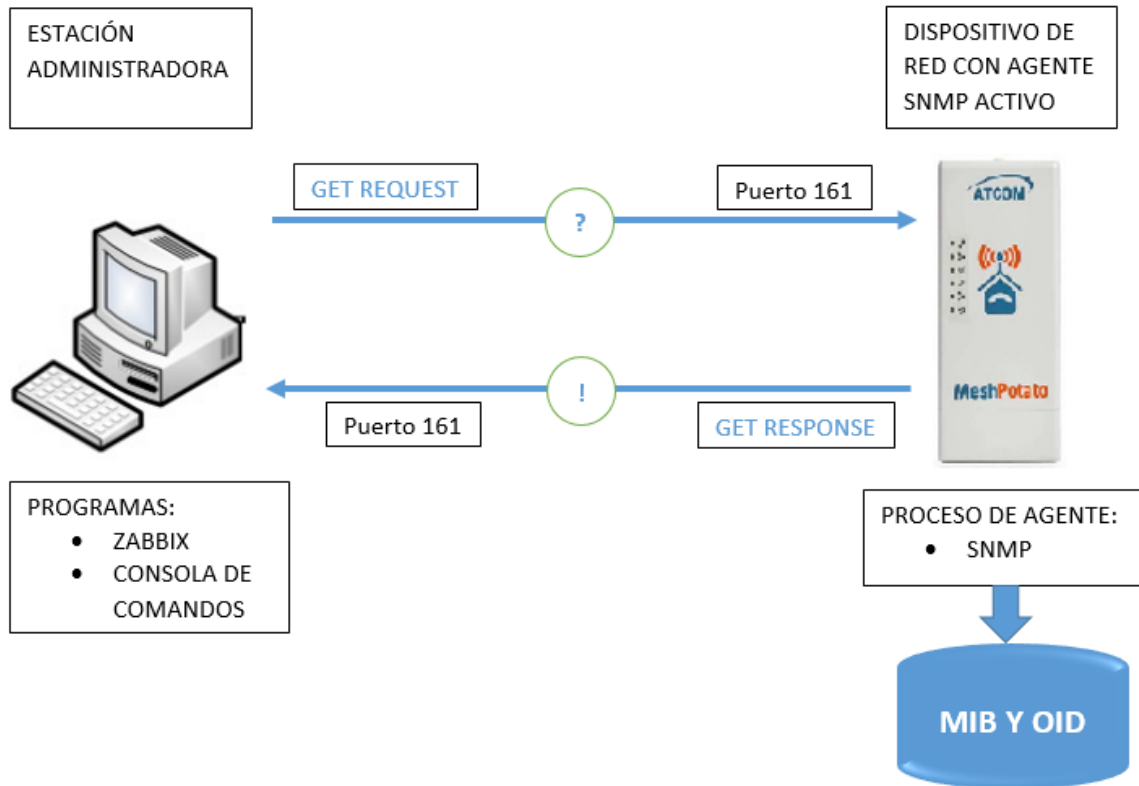


FIGURA 4. PROCESO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN ENTRE UNA ESTACION ADMINISTRADORA Y UN DISPOSITIVO CON AGENTE SNMP ACTIVO.

La FIGURA 4 muestra el proceso de obtención de información entre NMS y dispositivo con agente SNMP activo. El mensaje PDU **GET REQUEST** es enviado por la estación administradora con la finalidad de que este solicite un valor o dato de interés que se requiera de un dispositivo administrado y que cuente con un agente SNMP activo dentro de dicho dispositivo, cuando la solicitud es recibida por el agente este procede a buscar el valor o dato requerido dentro la MIB del dispositivo, esta solicitud es enviada a través del puerto 161, el cual está dedicado como canal de comunicación para envío y recepción de PDU en la ejecución del protocolo SNMP. Una vez el agente procesa la solicitud, este ubica y obtiene el valor o dato de interés requerido dentro de la MIB, este envía una respuesta al gestor de la solicitud con la información peticiónada por medio del uso del mensaje **GET RESPONSE** utilizando siempre el puerto 161 como canal de comunicación que ya fue establecido cuando se recibió la solicitud.

El siguiente mensaje que el protocolo SNMP utiliza para enviar notificaciones desde un dispositivo de red administrado (sin necesidad de ser peticiónado por el NMS) es el conocido como **TRAP**, este mensaje es enviado por un agente SNMP que se encuentre activo dentro de un dispositivo y tiene

como función principal notificar al NMS acerca de un suceso, evento o condición que el dispositivo ha experimentado durante su funcionamiento. En pocas palabras, el mensaje **TRAP** es enviado al NMS en respuesta a interrupciones generadas durante el funcionamiento de un dispositivo de red administrado.

Ya sean eventos tales como reinicios inesperados, fallos de conexión, reinicio del agente SNMP o simplemente un restablecimiento de conexión, todas estas interrupciones que no son programadas por el NMS serán notificadas al mismo por medio de los **TRAPS** respectivos. La FIGURA 5 tiene por objetivo presentar de manera visual el proceso que se acaba de describir cuando un **TRAP** reporta un evento o suceso acontecido.

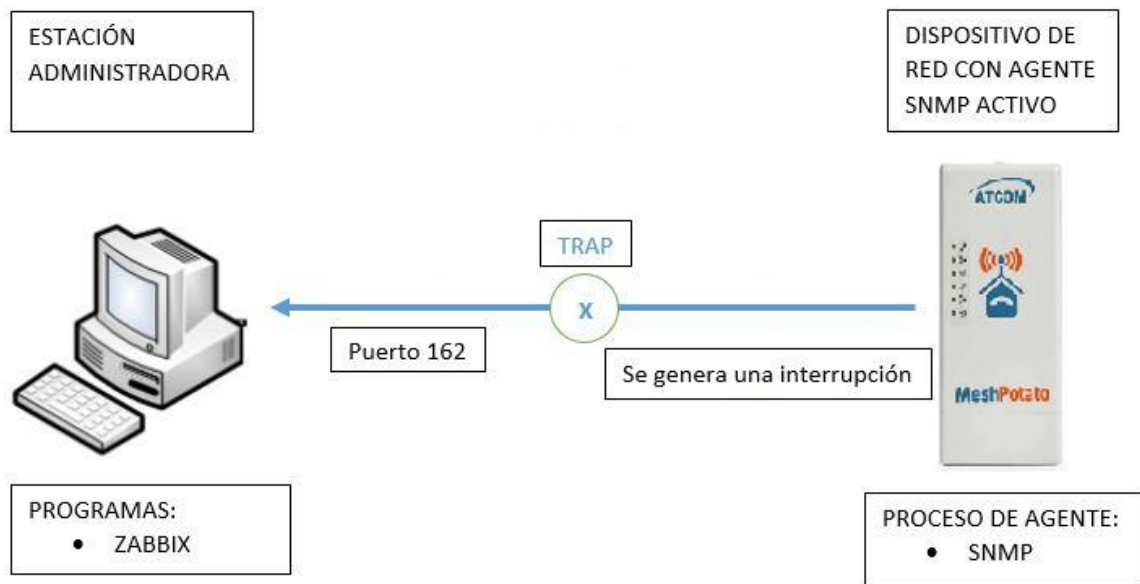


FIGURA 5. GENERACION DE NOTIFICACIONES EN RESPUESTA A INTERRUPTONES EN UN DISPOSITIVO ADMINISTRADO POR MEDIO DEL COMANDO TRAP EN PROTOCOLO SNMP.

2.2.2 Zabbix y Comandos SNMP

La herramienta de monitoreo Zabbix puede hacer uso del protocolo SNMP para realizar tareas de administración de redes. Es un programa de código abierto que posee una amplia gama de características. Entre algunas de estas características se puede mencionar que hace uso de módulos pre-configurados llamados **TEMPLATES** [7], estos módulos contienen conjuntos de instrucciones y comandos diseñados para realizar tareas específicas según sea la complejidad de estas.

Los desarrolladores y la comunidad de usuarios de Zabbix ofrecen, dentro del soporte técnico que brindan, conjuntos de TEMPLATES relacionadas a tareas de monitoreo con uso de protocolo SNMP. Los conjuntos de comandos e instrucciones que se pueden encontrar dentro de estas TEMPLATES son amplios pero, para las primeras etapas de desarrollo de este proyecto se utilizaron aquellas que

cubren las necesidades de monitoreo con respecto al estado de conexión de nodos, tráfico de red, entre otros datos que serán presentados en las siguientes secciones.

Entre las TEMPLATES relacionadas con el protocolo SNMP se eligieron:

- Template Module Generic SNMPv2
- Template Module Interfaces Simple SNMPv2

Estas TEMPLATES cumplen con los propósitos de monitoreo descritos anteriormente, una breve descripción referente a los módulos (y los comandos que usan) encontrados dentro de estas son:

Para Template Module Generic SNMPv2

- **Módulo de información general del dispositivo:** Dentro de este módulo se puede encontrar un conjunto de instrucciones relacionados a información básica tal como nombre del usuario del dispositivo (usando el comando `system.contact`), información sobre el dispositivo (comando `system.descr`), nombre del dispositivo (comando `system.name`), TRAPS SNMP (comando `snmptrap.fallback` y ejecutado por el agente cuando hay una interrupción) e información sobre la MIB de este (comando `system.objectid`).
- **Módulo de información de estado del dispositivo:** Este módulo está relacionado con el módulo anterior y contiene un conjunto de instrucciones que proporcionan información referente al estado de comunicación con un dispositivo IP (usando el comando `icmpping`), tiempo en el que ha estado activo el dispositivo (por medio de `system.uptime[sysUpTime]`) y si este está en la capacidad de enviar datos SNMP (este comando es ejecutado por Zabbix usando la información enviada por el agente activo en el dispositivo IP)

Para Template Module Interfaces Simple SNMPv2

- **Módulo de interfaces de red:** Este módulo se encarga de recolectar información acerca del número de tarjetas de red presentes en el dispositivo (ya sean Ethernet o inalámbricas) y también reporta el tráfico de red (por ejemplo la cantidad de Bits enviados o recibidos) que se presenta en estas. El envío de esta información lo realiza el agente SNMP activo dentro del dispositivo de manera periódica.

2.3 Esquema básico de monitoreo a implementar

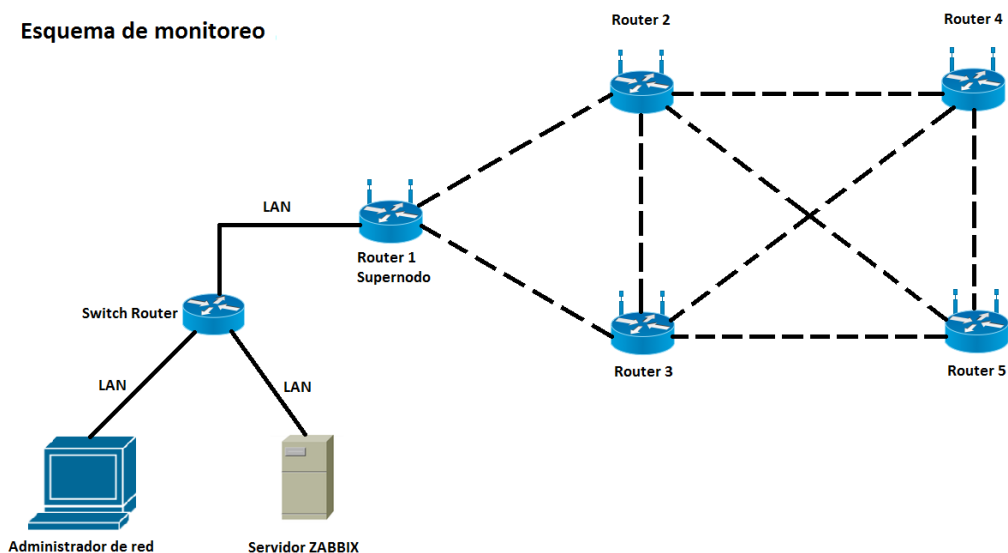


FIGURA 6. MODELO DE RED DE MONITOREO A IMPLEMENTAR PARA REALIZAR PRUEBAS DE LABORATORIO CON SERVIDOR ZABBIX Y RUTERS MP01 CON PROTOCOLO SNMP ACTIVO.

El modelo presentado en la FIGURA 6 tiene por objetivo mostrar el escenario de una red inalámbrica de topología tipo malla, en la cual, al ser implementada, esta permita llevar a cabo pruebas de laboratorio en lo que se refiere a configuración de equipos necesarios (routers y servidor Zabbix) y depuración de errores debido a problemas de configuración y compatibilidad de programas que se ejecuten en los equipos que conforman dicha red.

Este modelo tiene como finalidad permitir crear un servidor de monitoreo que sea funcional, que permita realizar monitoreo de la red y que notifique sobre eventos ocurridos en los equipos antes de ser implementado en la red WiFi de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Los pasos a seguir para llevar a cabo el desarrollo del esquema propuesto para pruebas de laboratorio consistirán en:

- Verificar la instalación y configuración del protocolo SNMP en las unidades MP01 que sean requeridas.
- Levantamiento y configuración de un servidor de monitoreo Zabbix.
- Configuración de un Supernodo el cual actuará como puerta de enlace predeterminada para los integrantes de la red inalámbrica a crear.
- Configuración del servidor de monitoreo por medio del uso de la interfaz web de Zabbix.

Al implementar el modelo del servidor de monitoreo completo, por medio de la creación de escenarios de prueba que serán expuestos en las siguientes secciones de este trabajo de graduación, se espera que este modelo cumpla con la función de recolectar información diversa de cada nodo

que se supervise gracias del agente SNMP activo en cada MP01. Este agente enviará la información al servidor Zabbix y este se encarga de generar reportes detallados sobre diversos parámetros de interés tales como el estado de conexión de cada nodo de la red, el tráfico de red que esté presente en el supernodo, y por último, que el servidor Zabbix sea capaz de notificar al administrador de la red sobre eventos o interrupciones que ocurran con los equipos supervisados.

2.4 Escenarios de pruebas

2.4.1 Primer escenario de prueba: Servidor Zabbix y monitoreo de MP01.

Como primer paso en el desarrollo de la creación de un escenario de pruebas, se procedió con el levantamiento de un servidor Zabbix por medio del uso de una máquina virtual creada en VirtualBox, usando Ubuntu Server como plataforma de sistema operativo donde se instalará y configurará posteriormente el programa para el servidor Zabbix.

```
root@zabbix:/# apt-add-repository multiverse && sudo apt-get update
'multiverse' distribution component is already enabled for all sources.
Obj:1 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic InRelease
Des:2 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-security InRelease [88,7 kB]
Des:3 http://archive.ubuntu.com/ubuntu bionic-updates InRelease [88,7 kB]
Descargados 177 kB en 10s (18,4 kB/s)
Leyendo lista de paquetes... Hecho
root@zabbix:/# wget https://repo.zabbix.com/zabbix/4.0/ubuntu/pool/main/z/zabbix-release/zabbix-rele
ase_4.0-2+bionic_all.deb
--2019-03-25 22:06:07-- https://repo.zabbix.com/zabbix/4.0/ubuntu/pool/main/z/zabbix-release/zabbix
-release_4.0-2+bionic_all.deb
Resolving repo.zabbix.com (repo.zabbix.com)... 162.243.159.138
Connecting to repo.zabbix.com (repo.zabbix.com)|162.243.159.138|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 4008 (3,9K) [application/octet-stream]
Saving to: 'zabbix-release_4.0-2+bionic_all.deb'

zabbix-release_4.0-2+bio 100%[=====] 3,91K --.-KB/s in 0s

2019-03-25 22:06:12 (88,7 MB/s) - 'zabbix-release_4.0-2+bionic_all.deb' saved [4008/4008]

root@zabbix:/#
```

FIGURA 7. USO DE LOS REPOSITORIOS DE ZABBIX PARA LEVANTAMIENTO DE SERVIDOR.

Luego de realizar el proceso de instalación y configuración del servidor Zabbix, como se muestra en la FIGURA 7, dentro de Ubuntu Server (**Véase Anexos para mayores detalles**), se realiza una verificación del programa del servidor para saber si no existen problemas en su ejecución, esto se muestra en la FIGURA 8.

```
• zabbix-server.service - Zabbix Server
  Loaded: loaded (/lib/systemd/system/zabbix-server.service; enabled; vendor preset: enabled)
  Active: active (running) since Mon 2019-03-25 22:41:55 UTC; 2min 25s ago
  Main PID: 15601 (zabbix_server)
  Tasks: 34 (limit: 1715)
  CGroup: /system.slice/zabbix-server.service
          └─15601 /usr/sbin/zabbix_server -c /etc/zabbix/zabbix_server.conf
          └─15611 /usr/sbin/zabbix_server: configuration syncer [synced configuration in 0.028552 s
```

FIGURA 8. VERIFICANDO QUE EL SERVIDOR ZABBIX SE EJECUTE CORRECTAMENTE.

Luego de instalar, configurar y verificar que el servidor Zabbix este ejecutándose correctamente como ya se ha mostrado, se procede a realizar las configuraciones necesarias en los MP01 que formaran parte del escenario para realizar de pruebas de laboratorio.

2.4.2 Primera prueba de laboratorio: configuración de MP01

En este primer escenario de pruebas se optó por reducir al mínimo el número de elementos que componen la red inalámbrica del modelo a implementar, esto quiere decir que en la primera prueba de laboratorio, el escenario estará conformado por el servidor Zabbix y un MP01 en donde dichos equipos se encargarán de intercambiar información por medio de la comunicación entre servidor y agente SNMP respectivamente.

Como primer paso, se eligió una familia de IPs para mantener en el mismo rango de direcciones a los dispositivos que estarán involucrados en esta prueba y las subsecuentes a realizarse, esta familia de IP fue la 192.168.11.0/24. Como parte del escenario general, que será común en las pruebas restantes, se eligió un router DIR-300 que llevara a cabo funciones de Switch y servicio de DHCP en el rango de 100 hasta 200 para el último octeto de la familia de IPs seleccionada. Esta decisión fue tomada debido a que los parámetros de instalación por defecto de Ubuntu Server permiten que este obtenga direcciones IP de manera dinámica. También, debe tenerse en cuenta que la máquina virtual creada y configurada con el servidor Zabbix será utilizada tanto dentro del laboratorio de pruebas de la escuela de Ingeniería Eléctrica como fuera de ella. Lo anterior tiene como finalidad evitar conflictos de direcciones IP entre los que equipos del servidor y terminal de administración.

Para el segundo paso, se procedió a realizar la configuración del MP01 para que su dirección IP concuerde con la familia de direcciones previamente seleccionada. Los parámetros de interfaz de red colocados en este router serán mostrados en las siguientes figuras.

Nótese que en el MP01, se configurará la interfaz inalámbrica con la familia de IP 10.10.1.0/24, la razón para realizar dicha configuración es porque este router actuará como supernodo cuando más unidades MP01 sean agregadas para conformar una red tipo malla, la dirección IP de la interfaz inalámbrica de este router será la dirección de puerta de enlace predeterminada para las unidades que se agreguen a la red.

La dirección de puerta de enlace para el supernodo será la dirección IP del DIR-300 para que de este modo, el enrutamiento entre el servidor virtualizado Zabbix y el supernodo sea administrado por este equipo intermediario y evitar conflictos de direcciones IP.

Network

IP Address: 192.168.11.125 Gateway: 192.168.11.1
 DNS: 8.8.8.8 Netmask: 255.255.255.0

WiFi Access Point

SSID: MP+server US/Can (11 ch): Channel: 1
 Passphrase: tesis Encryption: WPA2 AP Enable: Enabled

Mesh Wireless Interface

IP Address: 10.10.1.20 Netmask: 255.255.255.0
 SSID: vt-mesh BSSID: 02:CA:FF:EE:BA:BE
 Tx Power (10 - 20): 17 Encryption: OFF
 MP Gateway Mode: SERVER Wifi Mode: 802.11G

FIGURA 9. CONFIGURACION DE INTERFAZ DE RED E INTERFAZ INALAMBRICA DEL SUPERNODO MP01 DE LA RED TIPO MALLA.

Luego de configurar correctamente las direcciones IP, como lo muestra la FIGURA 9, tanto para la interfaz de red como para la interfaz inalámbrica, como tercer paso, se procedió a copiar dentro del router la paquetería necesaria para realizar la instalación, configuración y ejecución del protocolo SNMP dentro del MP01 haciendo uso del comando **scp** desde una consola de línea de comandos (véase FIGURA 10) o transfiriendo los archivos desde el equipo donde se encuentren almacenados hacia el router por medio del programa putty según sea el caso y sistema operativo que se utilice. Luego de copiar los archivos de paquetería en el router, se realiza una sesión remota por medio de SSH dentro del MP01 y se procede a instalar los paquetes copiados como se muestra en la FIGURA 11.

La paquetería necesaria para habilitar y ejecutar el protocolo dentro de los routers MP01 consta de cinco archivos, un archivo principal que se encarga de configurar el protocolo SNMP al instalarse (**snmpd_5.1.2-2.3_mips.ipk**) y cuatro archivos más que incluyen las dependencias necesarias para que el protocolo se ejecute correctamente [8].

```
root@tony-SVF14211CLB:/home/tony/Escritorio/paquetes SNMP para MP01# scp *ipk root@192.168.11.125:/root
root@192.168.11.125's password:
snmpd_5.1.2-2.3_mips.ipk                100% 231KB 57.7KB/s  00:04
snmpd-static_5.1.2-2.3_mips.ipk        100% 231KB 46.2KB/s  00:05
snmp-utils_5.1.2-2.3_mips.ipk          100% 16KB 15.8KB/s  00:00
libelf_0.8.10-1_mips.ipk                100% 27KB 27.4KB/s  00:00
```

FIGURA 10. COPIADO DE PAQUETERIA SNMP A MP01 POR MEDIO DE SCP.

```
root@MP-125:~# opkg install snmpd_5.1.2-2.3_mips.ipk
Multiple packages (snmpd and snmpd) providing same name marked HOLD or PREFER. Using latest.
Installing snmpd (5.1.2-2.3) to root...
Configuring snmpd
root@MP-125:~#
```

FIGURA 11. INSTALACION DE PAQUETE PRINCIPAL DE PROTOCOLO SNMP DENTRO DE MP01.

Como último paso previo a realizar las configuraciones vía interfaz web en el servidor Zabbix para realizar el monitoreo, se debe indicar desde línea de comandos al MP01 que ejecute el protocolo con las siguientes instrucciones, estas órdenes son ejecutadas durante la sesión remota iniciada dentro del router:

- #>/etc/init.d/snmpd enable
- #>/etc/init.d/snmpd start

Con las anteriores líneas de comando, se le ordena al MP01 que ejecute el archivo **snmpd** (archivo en cual están escritas las configuraciones e instrucciones necesarias para iniciar el protocolo SNMP), la palabra **enable**, le indica al router que el archivo será ejecutado cada vez que el equipo se reinicie, mientras que la siguiente línea de comando le indica que el protocolo debe ser iniciado en el momento que se dé esa orden.

Con los equipos debidamente configurados y con el protocolo SNMP ejecutándose en el MP01, se procedió a implementar el escenario de prueba mostrado en la FIGURA 12.

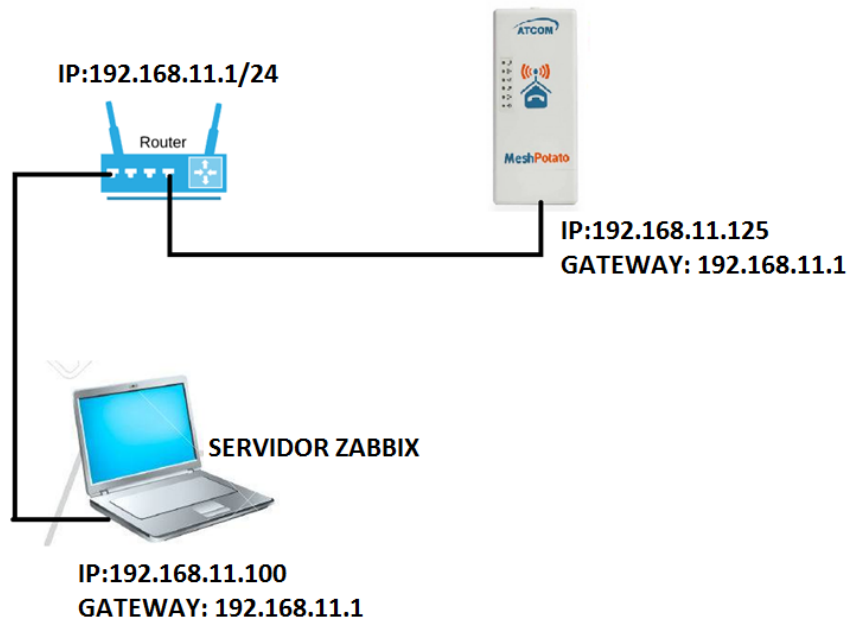


FIGURA 12. ESCENARIO DE LA PRIMERA PRUEBA DE LABORATORIO USANDO ZABBIX PARA MONITOREAR POR MEDIO DE PROTOCOLO SNMP UN ROUTER MP01 CON AGENTE SNMP ACTIVO.

2.4.2.1 Primer escenario de pruebas: configuración de Zabbix y monitoreo realizado

Una vez implementado el escenario de pruebas, se procede a realizar las configuraciones básicas necesarias en el servidor Zabbix para que este lleve a cabo el monitoreo. Para ingresar a Zabbix vía

interfaz web, se escribe la dirección IP que posea el equipo de computadora donde se ha iniciado la máquina virtual con el servidor Zabbix, como ejemplo se usó la IP presentada en la FIGURA 12.

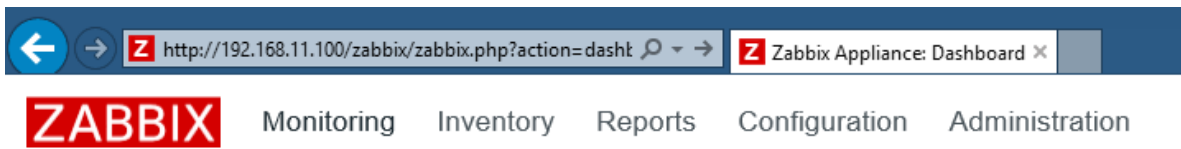


FIGURA 13. ACCEDIENDO A LA INTERFAZ WEB DEL SERVIDOR ZABBIX PARA REALIZAR CONFIGURACIONES Y EJECUTAR EL MONITOREO.

Dentro de la interfaz web de Zabbix se realizan las configuraciones necesarias para llevar a cabo el monitoreo SNMP del router MP01 mostrado en la FIGURA 12, para ello, se creó un **host group** dentro del menú **Configuration>Host groups** y se le asignó el nombre **Red_Mesh** (en este grupo será donde se agregan dispositivos que se deseen monitorear y que pertenezcan a una misma red), luego se crea un **Host** dentro del menú **Configuration>Host** y este corresponderá al MP01 que se desea monitorear, en dicho menú se colocan los parámetros que se muestran en la FIGURA 14.

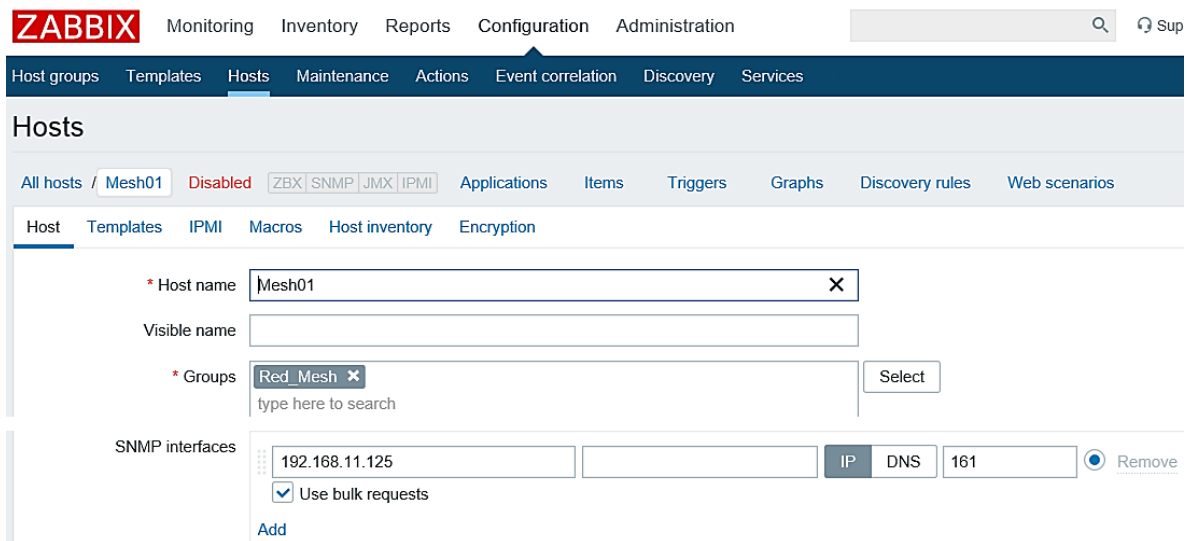


FIGURA 14. PARAMETROS ASIGNADOS A MP01 PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.

Luego se agregan las **TEMPLATES** (descritas en los anteriores apartados) las cuales contienen el conjunto de instrucciones que se encargarán de realizar el monitoreo como se muestra en la FIGURA 15, una vez seleccionadas se da clic en la opción **Add**.

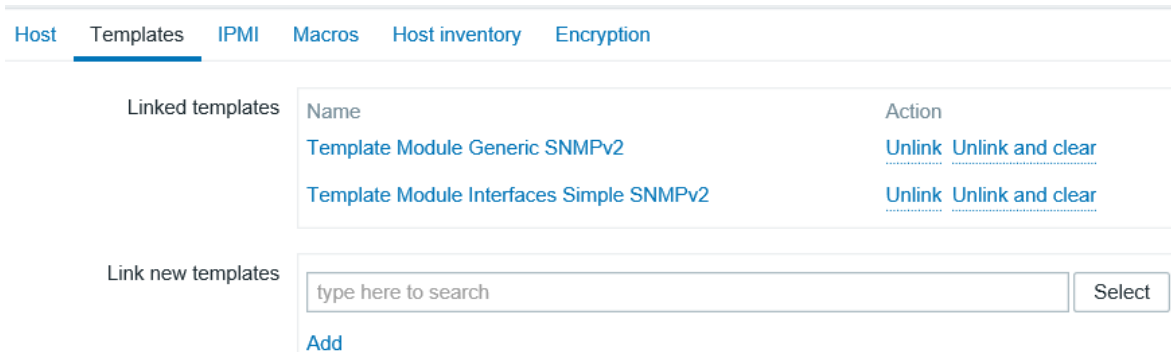


FIGURA 15. AGREGANDO TEMPLATES SNMP AL HOST CREADO.

Como siguiente paso, se realiza la configuración necesaria donde se especifica el nivel de autenticación de un usuario hacia un dispositivo administrado de forma que pueda verificarse si este tiene permiso para acceder a la información o no. Para la prueba de laboratorio, el usuario es identificado con el nombre **public** y está relacionado a la macro **{SNMP_COMMUNITY}** como se observa en la FIGURA 16, significando que dicha macro y los comandos ejecutados por las TEMPLATES están relacionados con el protocolo.

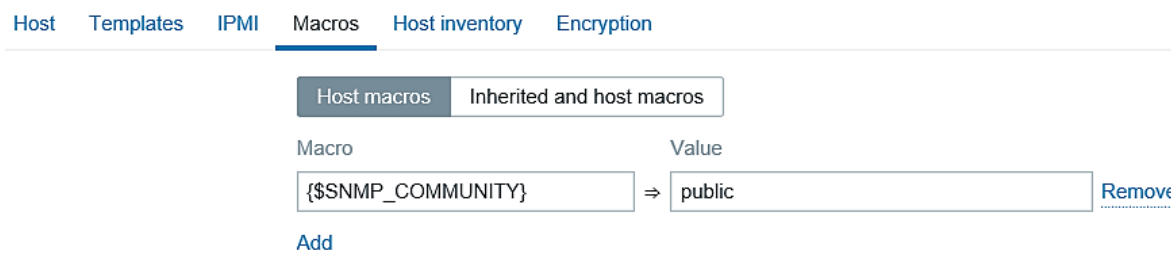


FIGURA 16. DEFINICION DE USUARIOS QUE PUEDEN ACCEDER A LA INFORMACION.

Con los parámetros definidos y colocados anteriormente, el monitoreo SNMP está listo para ser llevado a cabo. Solo resta dar clic en el botón **update** que se encuentra en la parte inferior de la pantalla una vez se hayan hecho las configuraciones mostradas.

Los resultados del monitoreo SNMP realizado al MP01 en este escenario de prueba pueden ser vistos desde el menú **Monitoring>Latest data**, basta con escribir el nombre del **host** o del **Host group** para mostrar la información referente al router.

Zabbix requiere de al menos 10 minutos para recolectar información por medio del agente SNMP activo en un dispositivo y presentarla cuando se trata de nuevos dispositivos agregados, a continuación se presentan los resultados del monitoreo SNMP hecho MP01 junto con su respectivo análisis

Host	Name ▲	Type	Last check	Last value
Mesh01	General (6 Items)			
<input type="checkbox"/>	Device contact details system.contact	SNMPv2 agent	2019-03-28 13:00:02	root@localhost
<input type="checkbox"/>	Device description system.descr	SNMPv2 agent	2019-03-28 13:00:02	Linux MP-125 2.6.26.3 #10...
<input type="checkbox"/>	Device location system.location	SNMPv2 agent	2019-03-28 13:00:02	Unknown
<input type="checkbox"/>	Device name system.name	SNMPv2 agent	2019-03-28 13:00:02	MP-125

FIGURA 17. INFORMACION OBTENIDA POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION GENERAL DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.

En la FIGURA 17 se puede observar que el agente SNMP activo en el MP01 proporciona la información solicitada por el servidor Zabbix haciendo uso de los PDU y comandos SNMP relacionados a las TEMPLATES por medio del establecimiento de comunicación a través del puerto 161. Como se puede observar, el agente envía parámetros correspondientes a: nombre de usuario (relacionado con el comando `system.contact`), información acerca del dispositivo (comando `system.descr`) y nombre del dispositivo (comando `system.name`). Para el caso del parámetro relacionado a la ubicación del dispositivo, el comando relacionado **system.location** trata de ubicar al dispositivo por medio de coordenadas de georeferenciación pero debido a que esta información no la posee el dispositivo es por ello que dicho comando devuelve el valor **Unknown** especificando que el dispositivo no ha podido ser ubicado o georeferenciado.

Status (5 Items)		
Device uptime	01:00:13	+00:00:30
ICMP loss	0 %	
ICMP ping	Up (1)	
ICMP response time	1.6ms	
SNMP availability	available (1)	

FIGURA 18. INFORMACION OBTENIDA POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION DE ESTADO DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.

La FIGURA 18 muestra también información acerca del estado de comunicación establecido entre el servidor Zabbix y el MP01, el módulo de información de estado recolecta datos referentes al estado de conexión y como se puede observar, la información enviada por el agente SNMP corresponde a parámetros tales como: tiempo en el cual el dispositivo ha estado activo por medio del comando **system.uptime[sysUpTime]**, si el dispositivo responde al comando Ping (comando **icmpping** y sus respectivas variantes que indican el tiempo de respuesta al comando y si el comando fallo), y también, el servidor muestra si el dispositivo monitoreado está en la capacidad de enviar más parámetros SNMP.

A continuación, luego de presentar los datos recolectados por la Template Module Generic SNMPv2, se muestran los datos recolectados por Template Module Interfaces Simple SNMPv2 la cual está relacionada a parámetros de tráfico de red que el dispositivo maneja.

Network Interfaces (6 Items)						
Interface ath0: Operational status net.if.status[ifOperStatus.5]	60	14d	0d	SNMPv2 agent	2019-01-15 17:04:03	up (1)
Interface eth1: Operational status net.if.status[ifOperStatus.7]	60	14d	0d	SNMPv2 agent	2019-01-15 17:04:03	up (1)
Interface bat0: Operational status net.if.status[ifOperStatus.6]	60	14d	0d	SNMPv2 agent	2019-01-15 17:04:03	up (1)
Interface br-lan: Operational status net.if.status[ifOperStatus.3]	60	14d	0d	SNMPv2 agent	2019-01-15 17:04:03	up (1)
Interface eth0: Operational status net.if.status[ifOperStatus.2]	60	14d	0d	SNMPv2 agent	2019-01-15 17:04:03	up (1)

FIGURA 19. INTERFACES DE RED DETECTADAS POR EL MODULO DE INTERFACES DE RED PARA LAS DIFERENTES TARJETAS DE RED QUE POSEE EL MP01.

La FIGURA 19 muestra las interfaces de red detectadas en el MP01 al iniciar el monitoreo y muestra el estado de las mismas.

Zabbix necesita recolectar datos de tráfico de red en cada tarjeta de red durante un tiempo aproximado de 45 a 60 minutos para representarlos de manera gráfica, luego de esperar el tiempo adecuado, los gráficos correspondientes al tráfico de red presente en el MP01 pueden ser vistos desde el menú **Monitoring>Graphs** como se muestra en las siguientes figuras:

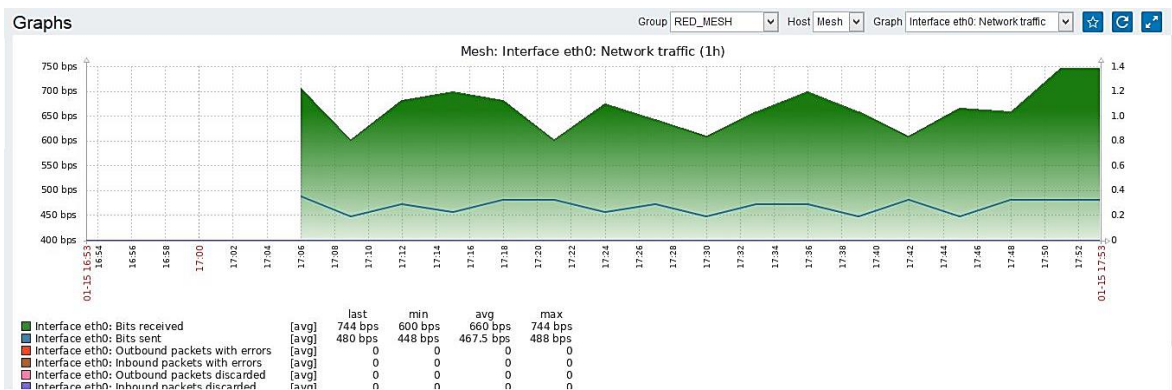


FIGURA 20. TRAFICO DE RED EN TARJETA eth0 DEL MP01 MOSTRADO POR MODULO DE INTERFACES DE RED.

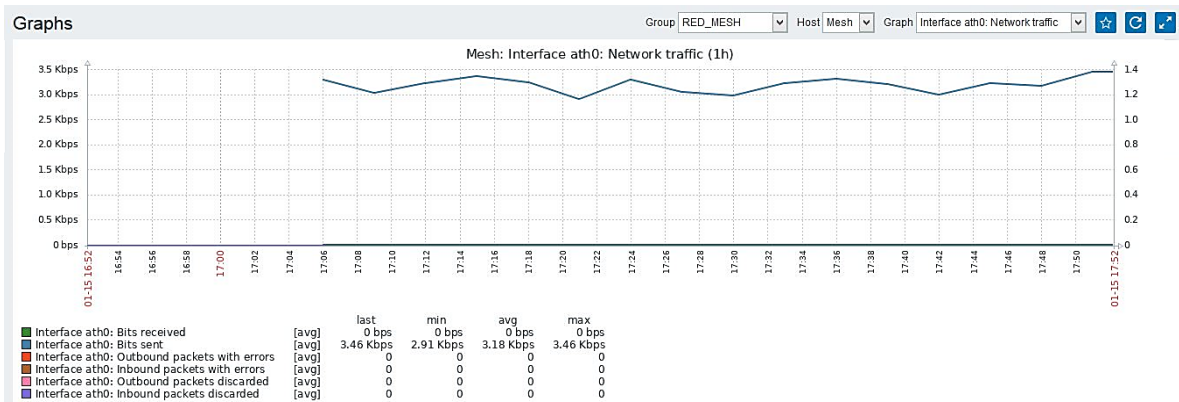


FIGURA 21. TRAFICO DE RED EN TARJETA ath0 DEL MP01 MOSTRADO POR MODULO DE INTERFACES DE RED.

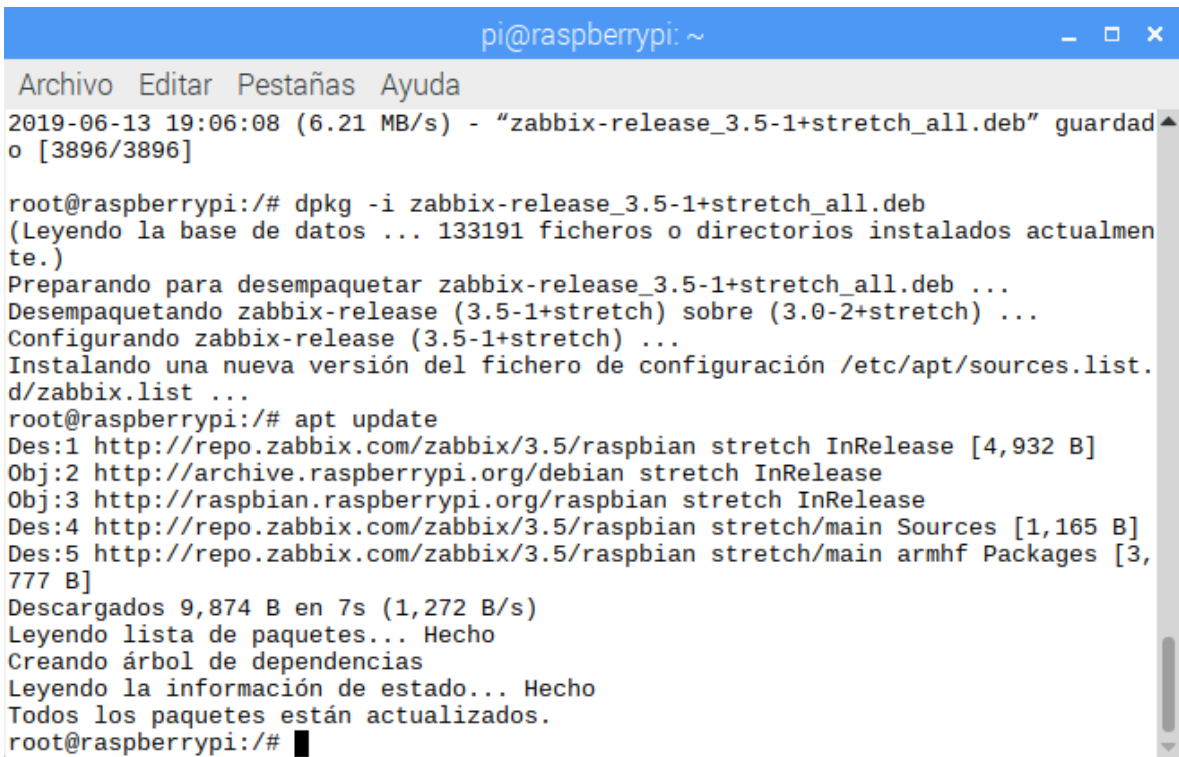
La FIGURA 20 y FIGURA 21 muestran de forma gráfica los datos recolectados de dos de las seis tarjetas de red detectadas en el MP01 (físicamente el router posee 1 tarjeta de red para Ethernet y una tarjeta de red inalámbrica, las restantes tarjetas detectadas son alias de estas dos), en estos gráficos se puede observar el tráfico de red que el router experimenta por medio de una leyenda ubicada en la parte inferior izquierda en donde Zabbix indica datos como: cantidad de Bits enviados y recibidos, picos de valores y promedios de estos mismos. También presenta información relacionada a paquetes enviados y recibidos que presenten errores, así como también paquetes descartados.

Como se puede notar, Zabbix ha realizado con éxito el monitoreo SNMP del MP01 por medio de la presentación de gráficos detallados sobre el tráfico de red presente en sus tarjetas de red, estado de conexión del dispositivo y disponibilidad de recolección de información por medio del agente SNMP activo en el router. Esto demuestra que la selección de la herramienta de monitoreo Zabbix puede cumplir la tarea de vigilar un dispositivo por medio de protocolo SNMP, uso de TEMPLATES y generación de reportes con información referente al estado del dispositivo que se monitoree.

2.4.3 Segundo escenario de pruebas: configuración de servidor Zabbix en sistema operativo Raspbian

El objetivo principal de este escenario es comprobar si el servidor Zabbix puede ejecutarse sin presentar ningún tipo de problemas de configuración o conflicto con el sistema operativo Raspbian, este sistema operativo es el que será ejecutado en el dispositivo Raspberry Pi3 para llevar a cabo el levantamiento del servidor de monitoreo de bajo costo el cual será presentado en el escenario de prueba final.

Nuevamente, como lo muestra la FIGURA 22, se vuelve a hacer uso de la virtualización de un sistema operativo con la ayuda de VirtualBox. Para el caso, se preparó una máquina virtual la cual alojaba el sistema operativo base de Raspbian 9 Stretch, y dentro de este, será instalado y configurado el servidor Zabbix de igual manera que se realizó en el apartado anterior.

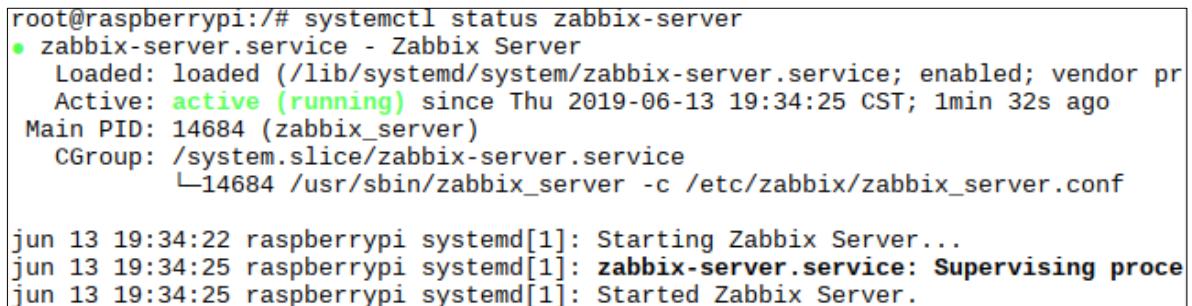


```
pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
2019-06-13 19:06:08 (6.21 MB/s) - "zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb" guardado [3896/3896]

root@raspberrypi:/# dpkg -i zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb
(Leyendo la base de datos ... 133191 ficheros o directorios instalados actualmente.)
Preparando para desempaquetar zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb ...
Desempaquetando zabbix-release (3.5-1+stretch) sobre (3.0-2+stretch) ...
Configurando zabbix-release (3.5-1+stretch) ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/apt/sources.list.d/zabbix.list ...
root@raspberrypi:/# apt update
Des:1 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch InRelease [4,932 B]
Obj:2 http://archive.raspberrypi.org/debian stretch InRelease
Obj:3 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian stretch InRelease
Des:4 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main Sources [1,165 B]
Des:5 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main armhf Packages [3,777 B]
Descargados 9,874 B en 7s (1,272 B/s)
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Todos los paquetes están actualizados.
root@raspberrypi:/# █
```

FIGURA 22. USO DE LOS REPOSITORIOS DE ZABBIX PARA LEVANTAMIENTO DE SERVIDOR DENTRO DEL SISTEMA OPERATIVO RASPBIAN.

Luego de realizar el proceso de instalación y configuración del servidor Zabbix dentro de Raspbian 9 Stretch se realiza una verificación del programa del servidor para saber si no existen problemas en su ejecución, esto se muestra en la FIGURA 23



```
root@raspberrypi:/# systemctl status zabbix-server
● zabbix-server.service - Zabbix Server
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/zabbix-server.service; enabled; vendor pr
   Active: active (running) since Thu 2019-06-13 19:34:25 CST; 1min 32s ago
   Main PID: 14684 (zabbix_server)
   CGroup: /system.slice/zabbix-server.service
           └─14684 /usr/sbin/zabbix_server -c /etc/zabbix/zabbix_server.conf

jun 13 19:34:22 raspberrypi systemd[1]: Starting Zabbix Server...
jun 13 19:34:25 raspberrypi systemd[1]: zabbix-server.service: Supervising proce
jun 13 19:34:25 raspberrypi systemd[1]: Started Zabbix Server.
```

FIGURA 23. VERIFICANDO QUE EL SERVIDOR ZABBIX SE EJECUTE CORRECTAMENTE EN RASPBIAN.

2.4.3.1 Segundo escenario de pruebas: configuración de MP01 a agregar a la malla y monitoreo realizado

Una vez comprobado el estado activo del servidor Zabbix dentro de Raspbian, se procede a configurar de forma similar equipos MP01 que serán integrados a la red para de este modo conformar una topología tipo malla.

Siguiendo los pasos vistos en el apartado anterior en lo que respecta a parámetros para MP01 configuramos:

Para Mesh02

- **Interfaces de red:** 192.168.11.126/24 y 10.10.1.21/24 (Ethernet e inalámbrica respectivamente).
- **Puerta de enlace predeterminada:** 10.10.1.20
- Copia de paquetería y posterior instalación para habilitar el agente SNMP en los routers.
- Inicio del protocolo por medio de instrucciones desde consola de comandos.

The screenshot displays a configuration interface for Mesh02, divided into three sections:

- Network:** IP Address (192.168.11.126), Gateway (10.10.1.20), DNS (8.8.8.8), and Netmask (255.255.255.0).
- WiFi Access Point:** SSID (VT-SECN-AP), US/Can (11 ch) (unchecked), Channel (1), Passphrase (potato-potato), Encryption (WPA2), and AP Enable (Enabled).
- Mesh Wireless Interface:** IP Address (10.10.1.21), Netmask (255.255.255.0), SSID (vt-mesh), and BSSID (02:CA:FF:EE:BA:BE).

FIGURA 24. CONFIGURACION DE INTERFAZ DE RED E INTERFAZ INALAMBRICA DEL MESH02 DE LA RED TIPO MALLA.

Para Mesh03

- **Interfaces de red:** 192.168.11.127/24 y 10.10.1.22/24 (Ethernet e inalámbrica respectivamente).
- **Puerta de enlace predeterminada:** 10.10.1.20
- Copia de paquetería y posterior instalación para habilitar el agente SNMP en los routers.
- Inicio del protocolo por medio de instrucciones desde consola de comandos.

Network			
IP Address	192.168.11.127	Gateway	10.10.1.20
DNS	8.8.8.8	Netmask	255.255.255.0
WiFi Access Point			
SSID	VT-SECN-AP	US/Can (11 ch)	<input type="checkbox"/>
Passphrase	potato-potato	Encryption	WPA2
		Channel	1
		AP Enable	Enabled
Mesh Wireless Interface			
IP Address	10.10.1.22	Netmask	255.255.255.0
SSID	vt-mesh	BSSID	02:CA:FF:EE:BA:BE

FIGURA 25. CONFIGURACION DE INTERFAZ DE RED E INTERFAZ INALAMBRICA DEL MESH03 DE LA RED TIPO MALLA.

Habiendo configurado estos 2 nuevos MP01 (Véase FIGURA 24 y FIGURA 25 para mayores detalles) que serán agregados a la red, se procede a ingresar a la interfaz web de Zabbix para incorporarlos al monitoreo. Los pasos a seguir serán los mismos ya expuestos con anterioridad y son los siguientes:

Menú Configuration:

- Crear **Host group** (Red_Mesh) donde serán agregados los MP01 para su monitoreo.
- Crear **Host** para cada router de la malla y brindarle los parámetros adecuados que muestra la FIGURA 26 para Mesh02 y la FIGURA 27 para Mesh03.
- Seleccionar las **TEMPLATES** que llevaran a cabo la comunicación con el agente SNMP de cada MP01 (ver FIGURA 28).
- Configurar el usuario con nivel de **autenticación** que accedera a los datos e información y agregar la **macro** que lo relaciona con el protocolo SNMP tal y como lo muestra la FIGURA 29.

* Host name

Visible name

* Groups

* At least one interface must exist.

Agent interfaces

IP address	DNS name	Connect to	Port	Default
Add				

SNMP interfaces

<input type="text" value="192.168.11.126"/>	<input type="text"/>	IP	DNS	<input type="text" value="161"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Use bulk requests				

FIGURA 26. PARAMETROS ASIGNADOS A MESH02 PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.

* Host name

Visible name

* Groups

* At least one interface must exist.

Agent interfaces
[Add](#)

SNMP interfaces
 Use bulk requests

FIGURA 27. PARAMETROS ASIGNADOS A MESH03 PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.

Las siguientes imágenes pueden ser utilizadas para configurar los parámetros tanto del Mesh02 y Mesh03 debido a que estos son configuraciones que comparten en común todos los elementos de la red.

[Host](#) [Templates](#) [IPMI](#) [Macros](#) [Host inventory](#) [Encryption](#)

Linked templates

Name	Action
Template Module Generic SNMPv2	Unlink Unlink and clear
Template Module Interfaces Simple SNMPv2	Unlink Unlink and clear

Link new templates
[Add](#)

FIGURA 28. AGREGANDO TEMPLATES SNMP AL HOST MESH02 y MESH 03 CREADOS.

[Host](#) [Templates](#) [IPMI](#) [Macros](#) [Host inventory](#) [Encryption](#)

Macro	Value	
<input type="text" value="{\$SNMP_COMMUNITY}"/>	⇒ <input type="text" value="public"/>	Remove

[Add](#)

FIGURA 29. DEFINICION DE USUARIOS QUE PUEDEN ACCEDER A LA INFORMACION DE MESH02 y MESH03.

Los reportes sobre la recolección de datos SNMP enviados por los agentes de los MP01 pueden ser visualizados, como ya se indicó antes, desde el menú **Monitoring>Lastest data** el cual presenta la información recolectada por el módulo de información general tal y como se muestra en la FIGURA 30

<u>Mesh01</u> General (5 Items)		
Device contact details sysContact	SNMPv2 agent	root@localhost
Device description sysDescr	SNMPv2 agent	Linux MP-125 2.6.26.3 #1...
Device location sysLocation	SNMPv2 agent	Unknown
Device name sysName	SNMPv2 agent	MP-125
Device uptime sysUpTime	SNMPv2 agent	01:05:30
<u>Mesh02</u> General (5 Items)		
Device contact details sysContact	SNMPv2 agent	root@localhost
Device description sysDescr	SNMPv2 agent	Linux MP-126 2.6.26.3 #1...
Device location sysLocation	SNMPv2 agent	Unknown
Device name sysName	SNMPv2 agent	MP-126
Device uptime sysUpTime	SNMPv2 agent	01:05:13

FIGURA 30. INFORMACION OBTENIDA DE LOS MP01 DE LA RED POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION DE ESTADO DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.

Los parámetros sobre el tráfico de red de cada router de la malla son generados por Zabbix alrededor de 45 a 60 minutos después de iniciar la recolección de datos. Estos parámetros pueden ser vistos desde el menú **Monitoring>Lastest data** y algunos de los resultados son presentados en la FIGURA 31.

Mesh01 Network Interfaces (54 Items)						
Interface ath0: Bits received net.if.in[ifInOctets.5]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	4 Kbps	
Interface ath0: Bits sent net.if.out[ifOutOctets.5]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	2.22 Kbps	
Interface ath0: Inbound packets discarded net.if.in.discards[ifInDiscards.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0	
Interface ath0: Inbound packets with errors net.if.in.errors[ifInErrors.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0	
Interface ath0: Interface type net.if.type[ifType.5]	1h	1w	0d	SNMPv2 agent	ethernetCsmacd (6)	
Interface ath0: Operational status net.if.status[ifOperStatus.5]	1m	2w	0d	SNMPv2 agent	up (1)	
Interface ath0: Outbound packets discarded net.if.out.discards[ifOutDiscards.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0	
Interface ath0: Outbound packets with err... net.if.out.errors[ifOutErrors.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0	
Interface ath0: Speed net.if.speed[ifSpeed.5]	5m	1w	0d	SNMPv2 agent	10 Mbps	
Interface ath1: Bits received net.if.in[ifInOctets.7]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	0 bps	
Interface ath1: Bits sent net.if.out[ifOutOctets.7]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	256 bps	

FIGURA 31. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INTERFACES DE RED PARA EL SUPERNODO MESH01 DE LA MALLA.

Los datos mostrados en la FIGURA 32 corresponden al Mesh02 y corresponden a una de seis interfaces de red detectadas por Zabbix dentro de este router.

Cabe hacer notar que, durante el monitoreo de la red compuesta por el supernodo Mesh01 y los routers Mesh02 y Mesh03, se notó lo siguiente:

Los tres equipos que conforman la red exhiben comportamientos muy similares, esto se debe a que estos routers no presentan un alto nivel de tráfico de red en sus interfaces de red, puesto que la única interacción que existe en ellos es la petición de datos por parte del servidor Zabbix hacia el agente SNMP activo dentro de estos equipos, es en este momento cuando ocurre tráfico de red en estos equipos.

Los gráficos que representan la carga de tráfico de red en el supernodo durante la realización de este escenario de prueba resultaron muy similares a los obtenidos en el primer escenario. Las diferencias existentes con respecto al primer escenario son unos pocos Bits de diferencia (bits enviados durante comunicación entre servidor y agente SNMP), esta pequeña diferencia no es lo suficientemente significativa como marcar una tendencia clara en el aumento o disminución en el tráfico de red registrado para este escenario. Por este motivo, se ha decidido no presentar un gráfico que represente la carga del tráfico de red registrado durante esta prueba. Sin embargo, si se

presentara a continuación una figura perteneciente a los datos recolectados por el módulo de interfaces de red para el Mesh02, en esta figura se puede observar que, la cantidad de datos que transmite la interfaz **ath0** del Mesh02 es muy similar (salvo la pequeña diferencia existente en los Bits enviados) a la cantidad de datos que transmite el supernodo Mesh01 usando su interfaz **ath0** también (véase FIGURA 31).

Mesh02 **Network Interfaces** (54 Items)

Interface ath0: Bits received net.if.in[ifInOctets.5]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	4 Kbps
Interface ath0: Bits sent net.if.out[ifOutOctets.5]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	2.24 Kbps
Interface ath0: Inbound packets discarded net.if.in.discards[ifInDiscards.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0
Interface ath0: Inbound packets with errors net.if.in.errors[ifInErrors.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0
Interface ath0: Interface type net.if.type[ifType.5]	1h	1w	0d	SNMPv2 agent	ethernetCsmacd (6)
Interface ath0: Operational status net.if.status[ifOperStatus.5]	1m	2w	0d	SNMPv2 agent	up (1)
Interface ath0: Outbound packets discarded net.if.out.discards[ifOutDiscards.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0
Interface ath0: Outbound packets with err... net.if.out.errors[ifOutErrors.5]	5m	1w	365d	SNMPv2 agent	0
Interface ath0: Speed net.if.speed[ifSpeed.5]	5m	1w	0d	SNMPv2 agent	10 Mbps
Interface ath1: Bits received net.if.in[ifInOctets.7]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	0 bps
Interface ath1: Bits sent net.if.out[ifOutOctets.7]	3m	30d	365d	SNMPv2 agent	256 bps

FIGURA 32. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INTERFACES DE RED PARA EL MESH02 DE LA MALLA.

2.4.4 Tercer y último escenario de pruebas: Levantamiento y configuración de servidor bajo costo basado en Raspberry e instalación y configuración de servidor Zabbix.

En este último escenario de pruebas, habiendo configurado con éxito el servidor Zabbix y realizado monitoreo SNMP durante las pruebas anteriores, se procedió al levantamiento del servidor Zabbix usando un equipo de bajo costo basado en Raspberry. Este equipo será colocado de manera permanente en el laboratorio 1 de la escuela de Ingeniería Eléctrica y este será el responsable de llevar a cabo el monitoreo de la red WiFi.

Una vez instalado el sistema operativo Raspbian 9 Stretch en el equipo Raspberry, nuevamente se procedió a instalar y configurar el servidor Zabbix en este sistema tal y como se ha visto en los

apartados anteriores (Véase Anexos para información complementaria) verificando que el servidor se ejecute sin ningún tipo de problemas.

2.4.4.1 Tercer y último escenario de pruebas: configuración de los MP01 y monitoreo realizado.

Los routers que conforman la malla mantendrán la misma configuración ocupada durante el segundo escenario de pruebas. La única configuración necesaria fue el levantamiento del servidor Zabbix dentro del sistema operativo Raspbian y eso acaba de ser cubierto anteriormente.

Los parámetros de los MP01 deberían ser exactamente iguales a los listados nuevamente a continuación:

Para Mesh01

- **Interfaces de red:** 192.168.11.125/24 y 10.10.1.20 (Ethernet e inalámbrica respectivamente).
- **Puerta de enlace predeterminada:** 192.168.1.1 (dirección IP de DIR-300).
- Copia de paquetería y posterior instalación para habilitar el agente SNMP en los routers.
- Inicio del protocolo por medio de instrucciones desde consola de comandos.

Para Mesh02

- **Interfaces de red:** 192.168.11.126/24 y 10.10.1.21/24 (Ethernet e inalámbrica respectivamente).
- **Puerta de enlace predeterminada:** 10.10.1.20
- Copia de paquetería y posterior instalación para habilitar el agente SNMP en los routers.
- Inicio del protocolo por medio de instrucciones desde consola de comandos.

Para Mesh03

- **Interfaces de red:** 192.168.11.127/24 y 10.10.1.22/24 (Ethernet e inalámbrica respectivamente).
- **Puerta de enlace predeterminada:** 10.10.1.20
- Copia de paquetería y posterior instalación para habilitar el agente SNMP en los routers.
- Inicio del protocolo por medio de instrucciones desde consola de comandos.

Nuevamente llegado este punto, se requiere realizar configuraciones (via interfaz web) en el servidor Zabbix las cuales se listan a continuación

Menú Configuration:

- Crear **Host group** (Red_Mesh) donde serán agregados los MP01 para su monitoreo.
- Crear **Host** para cada router de la malla y brindarle los parámetros adecuados.
- Seleccionar las **TEMPLATES** que llevaran a cabo la comunicación con el agente SNMP de cada MP01.
- Configurar el usuario con nivel de **autenticación** que accedera a los datos e información y agregar la **macro** que lo relaciona con el protocolo SNMP.

Luego de realizar las configuraciones respectivas en el servidor Zabbix, se procede a realizar el monitoreo respectivo para verificar si este es llevado a cabo y no existe problema alguno. El resultado de dicho monitoreo es presentado en la FIGURA 33 la cual muestra información acerca del estado de los tres MP01 que conforman la red tipo malla.

Para el caso del escenario final de pruebas, debido a que las configuraciones son exactamente las mismas utilizadas que en el segundo escenario, los resultados obtenidos del monitoreo son los mismos a los obtenidos en ese escenario.

Cabe mencionar que, las únicas diferencias físicas que existen entre el segundo escenario de pruebas y el escenario final son los recursos físicos del dispositivo Raspberry Pi3 (los cuales ya están definidos según el diseño del hardware que tiene), mientras que, los recursos de las máquinas virtuales creadas con VirtualBox pueden ser ajustables según la capacidad de procesamiento que posea el equipo de cómputo donde esta se utilice.

Es por ello que a continuación se muestran parámetros relacionados al rendimiento del equipo Raspberry Pi3 registrados durante el monitoreo de prueba llevado a cabo en este último escenario. Esto último con el fin de demostrar que el servidor de monitoreo de bajo costo basado en Raspberry es viable.

Metric	Value	Change
Device uptime	2019-06-14 00:30:... 00:15:54	+00:01:00
ICMP loss	2019-06-14 00:30:... 0 %	
ICMP ping	2019-06-14 00:30:... Up (1)	
ICMP response time	2019-06-14 00:30:... 0.9ms	
SNMP availability	2019-06-14 00:30:... available (1)	
Status (5 Items)		
Device uptime	2019-06-14 00:30:... 00:14:03	+00:01:00
ICMP loss	2019-06-14 00:30:... 0 %	
ICMP ping	2019-06-14 00:30:... Up (1)	
ICMP response time	2019-06-14 00:30:... 4.9ms	
SNMP availability	2019-06-14 00:30:... available (1)	
Status (5 Items)		
Device uptime	2019-06-14 00:30:... 00:13:44	+00:01:00
ICMP loss	2019-06-14 00:30:... 0 %	
ICMP ping	2019-06-14 00:30:... Up (1)	
ICMP response time	2019-06-14 00:30:... 3ms	
SNMP availability	2019-06-14 00:29:... available (1)	

FIGURA 33. INFORMACION OBTENIDA DE LOS MP01 DE LA RED POR MEDIO DEL MODULO DE INFORMACION DE ESTADO DEL DISPOSITIVO, TEMPLATE MODULE GENERIC SNMPv2.

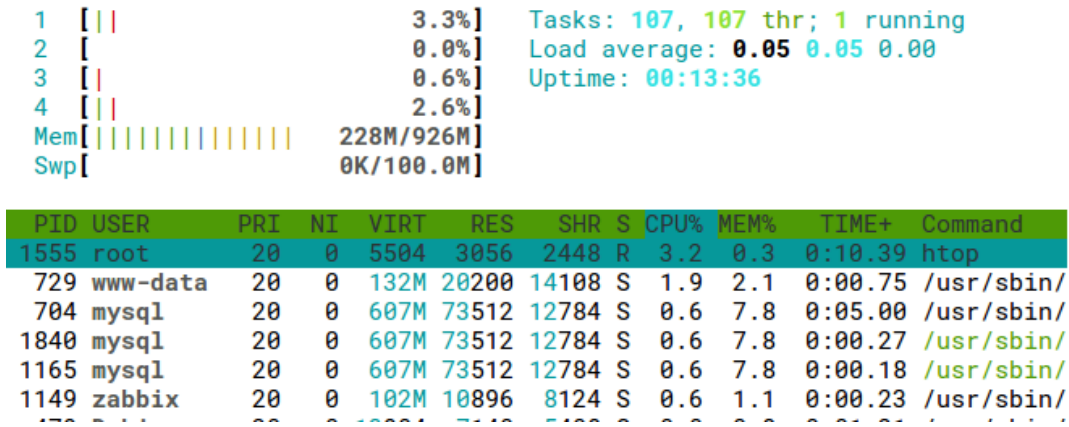


FIGURA 34. USO DE LOS RECURSOS DE MEMORIA RAM Y PROCESADORES DEL EQUIPO RASPBERRY PI3.

En la FIGURA 34 se observa como son utilizados los recursos físicos de memoria y procesadores de equipo Raspberry Pi3, la prueba de rendimiento fue realizada mientras el sistema Raspbian se ejecutaba en modo gráfico y se comprobó que el consumo es menor a un tercio de lo que el equipo posee. Si al equipo se configura de tal modo que ahorre más recursos iniciando en modo consola de comandos, la carga y uso que experimenta este es reducida todavía más, significando que el servidor de monitoreo gozaría de un rendimiento todavía mejor al mostrado durante la realización de esta prueba.

CAPITULO III: CONFIGURACION DE NODOS DE LA RED WiFIA, MONITOREO CON SERVIDOR ZABBIX Y RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se presenta el proceso de configuración de los nodos de la red WiFIA, la integración de estos al servidor Zabbix, monitoreo realizado a la red y resultados obtenidos en dicho monitoreo. La primera parte muestra el estado actual de los nodos y de la red en sí, la segunda parte muestra una descripción de la interfaz web del servidor Zabbix al integrar la red para su monitoreo, y por último, se presentan los resultados referentes al estado de conexión de los nodos, el tráfico de red presente y el sistema de mensajes que Zabbix utiliza para notificar al administrador de red sobre interrupciones o sucesos ocurridos en los nodos de la red.

3.1 El estado actual de la red WiFIA.

Durante un recorrido de inspección realizado para verificar el estado de los nodos que conforman la red, se pudo constatar que muchos de estos se encuentran fuera de servicio, requieren mantenimiento o simplemente el router ya no se encuentra ubicado en el lugar en el que se colocó originalmente.

De un total de 21 MP01 que conformaban originalmente la red, solo 6 de ellos se encuentran actualmente en estado activo y estos se muestran en la TABLA 2.

Red WiFIA			
Ubicación del nodo	Nombre	IP MP01	Estado del nodo
Arquitectura	Alvaro Zaldana	10.130.3.161	Activo
FIA	ASEIC	10.130.3.180	Activo
FIA	ASEII	10.130.3.184	Activo
E.I.I	Georgeth Rodriguez	10.130.3.132	Activo
E.I.I	Omar	10.130.3.130	Activo
E.I.E (SUPERNODO)	Secretaria	10.130.3.120	Activo

TABLA 2. NODOS QUE SE ENCUENTRAN ACTIVOS DE LA RED WiFIA.

Un mapa básico de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura muestra el lugar de ubicación de estos routers en la FIGURA 35.



FIGURA 35. DISTRIBUCION DE LOS NODOS ACTIVOS DE WIFIA.

3.2 Configuración de los nodos activos de la red WiFIA.

El proceso de instalación, configuración y ejecución de del agente SNMP en cada nodo sigue un orden similar a los pasos explicados en las secciones 2.4.2 y 2.4.3.1 del capítulo II de este trabajo de graduación. La diferencia en la configuración realizada durante este proceso, con respecto a la realizada en las secciones ya mencionadas, radica en que, para el caso de WiFIA no existe la necesidad de configurar las interfaces de red de cada MP01.

El primer paso a seguir para llevar a cabo la configuración de cada nodo consistió en:

- Configurar un MP01 con los parámetros de la familia de IPs que son usados en la red WiFIA tal y como se muestra en la FIGURA 36.
- Copiar los archivos de paquetería necesarios para instalar el protocolo SNMP en los routers por medio del comando: `scp "file_name".ipk root@"ip_local_host":/root.`

Network

IP Address Gateway

DNS Netmask

WiFi Access Point

SSID US/Can (11 ch)

Passphrase Encryption

Mesh Wireless Interface

IP Address Netmask

SSID BSSID

FIGURA 36. PARAMETROS IP DE ROUTER USADO PARA CONFIGURAR NODOS DE RED WIFI.

El segundo paso consistió en acercarse al lugar de ubicación de los nodos, realizar una sesión remota en el router y se siguieron los pasos descritos a continuación:

- Copiar los archivos de paquetería (ver FIGURA 37) por medio del comando: **scp "file_name".ipk root@"ip_local_host":/root**
- Iniciar sesión remota en el nodo al que se le copiaron los archivos e instalar la paquetería.
- Iniciar el protocolo SNMP en el nodo por medio de las instrucciones **"/etc/init.d/snmpd enable"** y **"/etc/init.d/snmpd start"**

```

root@MP-156:~# scp *ipk root@10.130.3.161:/root
Host '10.130.3.161' is not in the trusted hosts file.
(fingerprint md5 d9:58:a1:62:01:81:a8:38:e9:81:c6:64:ff:f0:d5:80)
Do you want to continue connecting? (y/n) y
root@10.130.3.161's password:
libelf_0.8.10-1_mips.ipk          100%  27KB  27.4KB/s  00:00
libnetsnmp_5.1.2-2.3_mips.ipk  100% 247KB  41.2KB/s  00:06
snmp-utils_5.1.2-2.3_mips.ipk   100%  16KB  15.8KB/s  00:00
snmpd-static_5.1.2-2.3_mips.ipk 100% 231KB  57.7KB/s  00:04
snmpd_5.1.2-2.3_mips.ipk        100% 231KB  38.5KB/s  00:06

```

FIGURA 37. COPIADO DE PAQUETERIA SNMP EN NODO 161.

Este proceso se repite en todos y cada uno de los nodos listados en la TABLA 2.

3.3 Configuración de red WiFIA en el servidor Zabbix

A continuación se muestran los pasos seguidos para crear el grupo Red_WiFIA y agregar los nodos listados en la TABLA 2 como elementos de dicha red para realizar el monitoreo SNMP.

Paso 1: la FIGURA 38 muestra cómo se crea el **Host group** “Red_WiFIA” en el menú **Configuration**.

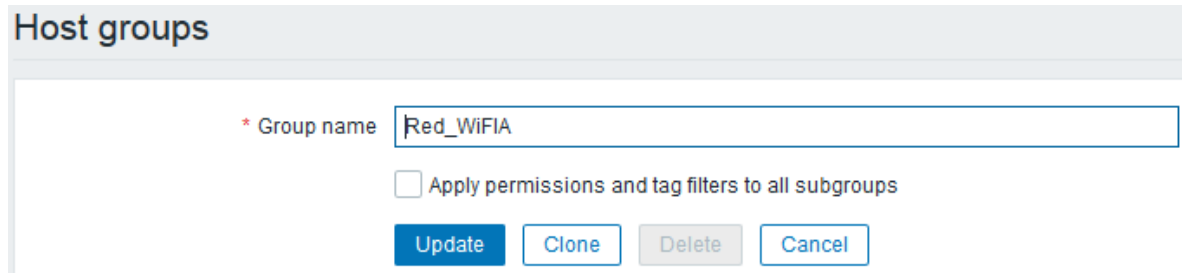


FIGURA 38. CREACION DE GRUPO Red_WiFIA.

Paso 2: crear **Host** Mesh120_super_nodo y colocarle los parámetros que se muestran en la FIGURA 39.

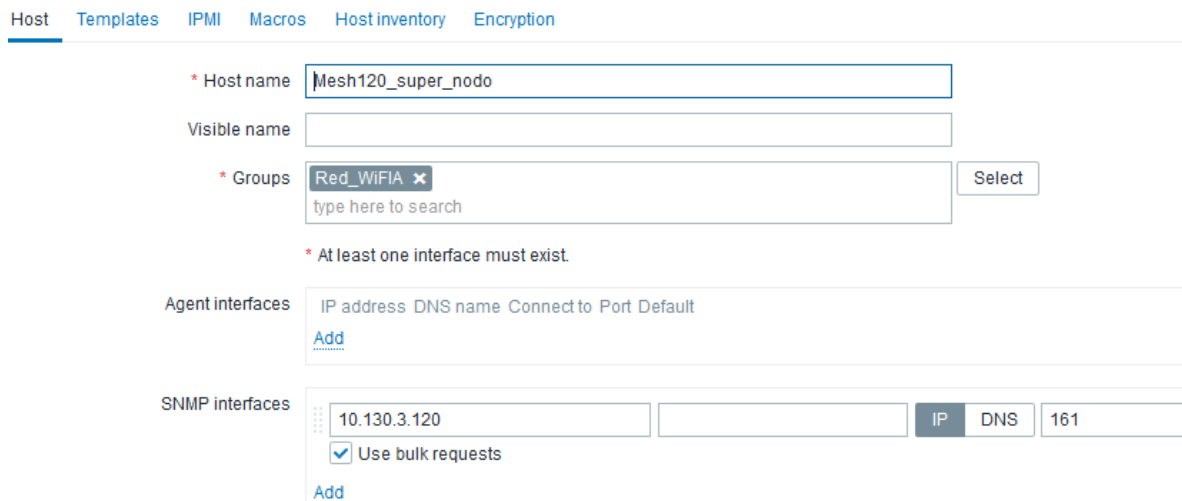


FIGURA 39. PARAMETROS ASIGNADOS A Mesh120_super_nodo PARA REALIZAR SU MONITOREO SNMP.

Paso 3: selección de **TEMPLATES** y definición de macro y usuario SNMP.

Estos parámetros son comunes para todos los nodos que serán agregados en la Red_WiFIA y son mostrados en la FIGURA 40.

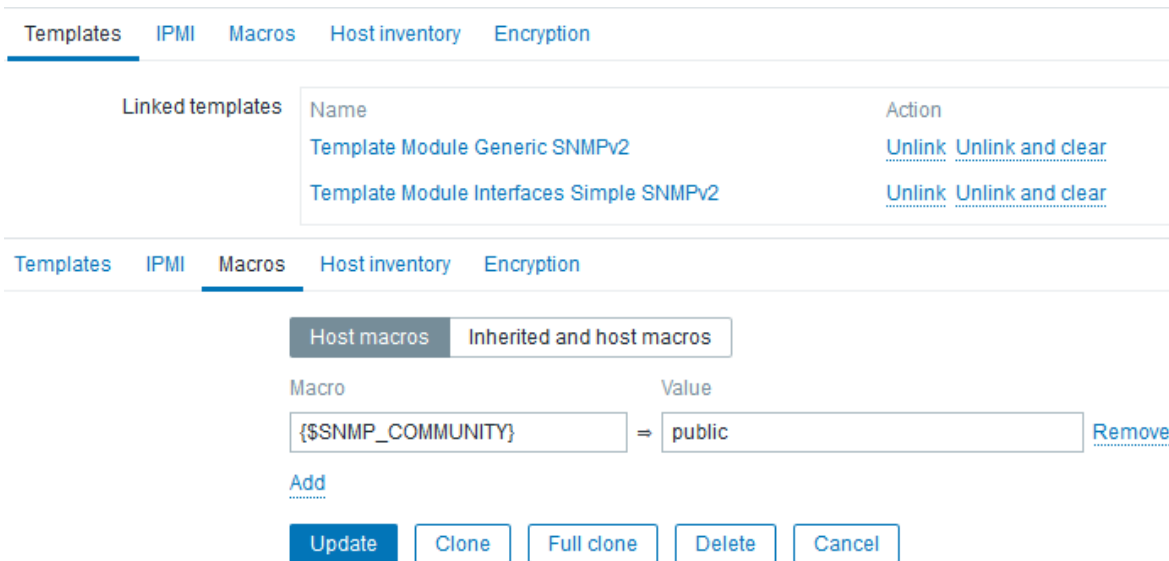


FIGURA 40. SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, DEFINICIÓN DE USUARIO Y MACROS EN SNMP.

Los pasos 1 al 3 son repetidos para todos y cada uno de los nodos restantes de la red, identificándolos debidamente con un nombre y con la IP que corresponde a cada uno de ellos.

Finalmente, el grupo Red_WiFIA y los elementos que lo integran (los nodos de la red) quedan configurados en el servidor Zabbix listos para empezar el monitoreo SNMP tal y como se muestra en la FIGURA 41

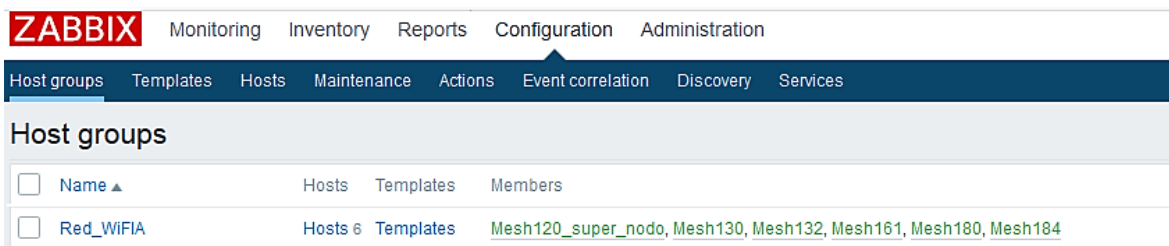


FIGURA 41. GRUPO Y MIEMBROS DEL GRUPO Red_WiFIA LISTO PARA INICIAR EL MONITOREO SNMP.

3.4 Monitoreo SNMP de Red_WiFIA y resultados obtenidos.

Como ya se ha presentado en los escenarios de prueba del CAPÍTULO II, el monitoreo SNMP inicia en cuanto el servidor Zabbix establece comunicación con los agentes SNMP activos en cada uno de los nodos de la red.

Se debe esperar de 45 a 60 minutos para que Zabbix muestre la información SNMP recolectada, y esta sea presentada de manera detallada, por los módulos de recolección de información general y de estado que previamente fueron elegidos en la configuración de los elementos de la red (TEMPLATES SNMPv2).

En la FIGURA 42 se presentan los resultados obtenidos por el módulo de información general durante el monitoreo SNMP y que corresponden los nodos de la red.

<u>Mesh161</u>	Status (5 Items)			
	Device uptime	2019-06-14 09:33:06	00:18:52	+00:00:30
	ICMP loss	2019-06-14 09:33:08	0 %	-33.33 %
	ICMP ping	2019-06-14 09:33:08	Up (1)	
	ICMP response time	2019-06-14 09:33:08	21.5ms	+10ms
	SNMP availability	2019-06-14 09:33:14	available (1)	
<u>Mesh180</u>	Status (5 Items)			
	Device uptime	2019-06-14 09:33:07	22:03:33	+00:00:30
	ICMP loss	2019-06-14 09:33:08	0 %	
	ICMP ping	2019-06-14 09:33:08	Up (1)	
	ICMP response time	2019-06-14 09:33:08	22.4ms	
	SNMP availability	2019-06-14 09:32:35	available (1)	
<u>Mesh184</u>	Status (5 Items)			
	Device uptime	2019-06-14 09:23:12	21:53:42	+00:00:34
	ICMP loss	2019-06-14 09:33:08	100 %	+33.33 %
	ICMP ping	2019-06-14 09:33:08	Down (0)	-1
	ICMP response time	2019-06-14 09:33:08	0	- 10ms
	SNMP availability	2019-06-14 09:32:56	not available (0)	
<u>Mesh132</u>	Status (5 Items)			
	Device uptime	2019-06-14 09:33:13	22:03:44	+00:00:34
	ICMP loss	2019-06-14 09:33:10	0 %	-33.33 %
	ICMP ping	2019-06-14 09:33:10	Up (1)	
	ICMP response time	2019-06-14 09:33:10	13.8ms	

FIGURA 42. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INFORMACION GENERAL, PRIMEROS MIEMBROS DE LA RED.

<u>Mesh130</u>	Status (5 Items)			
Device uptime	2019-06-14 09:33:44	22:04:14	+00:00:34	
ICMP loss	2019-06-14 09:33:10	33.33 %		
ICMP ping	2019-06-14 09:33:10	Up (1)		
ICMP response time	2019-06-14 09:33:10	7.4ms	- 10ms	
SNMP availability	2019-06-14 09:33:38	available (1)		
<u>Mesh120 super_nodo</u>	Status (5 Items)			
Device uptime	2019-06-14 09:33:41	22:04:05	+00:00:30	
ICMP loss	2019-06-14 09:33:13	0 %		
ICMP ping	2019-06-14 09:33:13	Up (1)		
ICMP response time	2019-06-14 09:33:13	1ms		
SNMP availability	2019-06-14 09:32:59	available (1)		

FIGURA 43. DATOS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INFORMACION GENERAL, MIEMBROS RESTANTES DE LA RED.

Como se puede observar en las figuras anteriores, la recolección de datos SNMP es llevada a cabo y muestra información detallada relacionada a los MP01. La FIGURA 43 muestra en la columna **Status**, diferentes comandos que este módulo ejecuta, mientras que en las columnas siguientes se observa información relacionada a estos comandos.

En la FIGURA 42 se puede observar los estados de comunicación de los nodos (estado brindado por el comando **icmpping**). Para ser preciso, en el nodo llamado Mesh184, Zabbix informa que no ha podido establecer comunicación con este dispositivo, este problema es debido a factores que atenúan u obstruyen la señal en el enlace, para alcanzar a Mesh 184 el enlace es llevado a cabo por medio de saltos usando la ruta más corta posible y esta es:

- **Mesh120 > Mesh161 > Mesh180 > Mesh184**

Para ejemplificar la razón de obstrucción o atenuación de la señal en línea vista en el tramo **Mesh180 > Mesh184** y usando como apoyo la FIGURA 35 que muestra la distribución de los nodos de la red WiFIA, se observa que el nodo Mesh180 se encuentra ubicado al costado norte del edificio perteneciente a la administración académica de la facultad. Este router, Mesh180, se encuentra a una elevación de alrededor de 4 metros mientras que el edificio de administración académica cuenta con una altura de alrededor de 12 metros, las FIGURAS 44 y 45 muestran de manera clara el problema expuesto al establecer el enlace. Por esta razón, el establecimiento de comunicación entre

servidor y nodo no siempre es llevado a cabo usando la ruta antes mencionada, la atenuación u obstrucción de la señal por parte del edificio hace muy difícil establecer el enlace.



Mesh180 ubicado en ASEIC

Edificio de administración académica

FIGURA 44. UBICACIÓN DE Mesh180 (izquierda) y DIFERENCIA DE ALTURAS CON EDIFICIO DE ADMINISTRACION ACADEMICA (DERECHA).



FIGURA 45. UBICACIÓN DE Mesh184 Y UBICACIÓN DEL EDIFICIO DE LA ADMINISTRACION ACADEMICA.

En la FIGURA 45 se puede apreciar que Mesh184 está ubicado sobre el edificio que corresponde a ASEII, al sur del edificio de administración académica. Se puede observar que la vegetación es otro factor que contribuye al problema de atenuación u obstrucción de señal previamente explicado al tratar de establecer el enlace en el tramo **Mesh180 > Mesh184** de la ruta antes mencionada.

Otros detalles de la información mostrada en la FIGURA 42 son por ejemplo, el tiempo que tarda un nodo en responder al comando Ping (comando **icmpping** y respectivas variantes **icmppingloss** e **icmppingsec**) o el tiempo en el que los routers han estado activos (comando **system.uptime[sysUpTime]**).

Un ejemplo acerca de las notificaciones que Zabbix envía al administrador de red es presentado en la FIGURA 46, en ella se puede apreciar que en la interfaz de Zabbix, en el menú **Monitoring>Dashboard** se encuentra una notificación que brinda información acerca del evento ocurrido en ese nodo. Esta figura demuestra como Zabbix y el protocolo SNMP maneja los mensajes TRAP para informar sobre sucesos inesperados que ocurren en la red administrada.

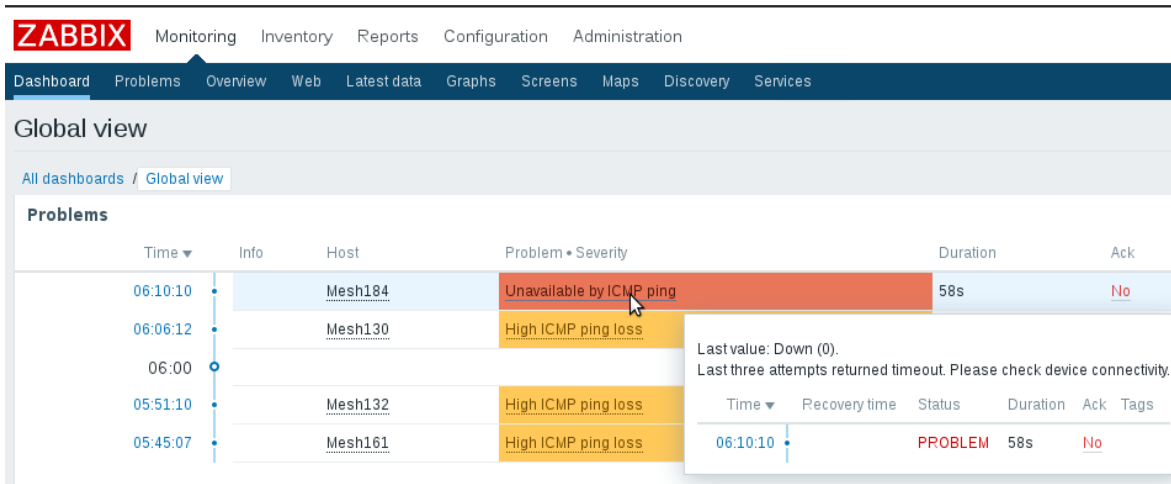


FIGURA 46. NOTIFICACIONES EN ZABBIX.

Además de la notificación referente al problema de comunicación con Mesh184, se pueden observar otros mensajes que están relacionados al tiempo en el que tardan algunos nodos de la red en responder al comando Ping. Estas advertencias pueden ser generadas debido a factores que atenúan la señal del enlace en el momento de ejecutar el comando Ping, estos factores pueden ser el estado del clima, vegetación tal como ramas de árboles o edificios obstruyendo parcialmente la línea vista entre routers, por mencionar algunos.

Finalmente, como parte del monitoreo llevado a cabo, la FIGURA 47 presenta resultados obtenidos por el módulo SNMP de interfaces de red (Template Module Interfaces Simple SNMPv2) el cual muestra datos referentes el tráfico de red. Para este caso, se presenta el tráfico de red que experimenta el router Mesh120_super_nodo.

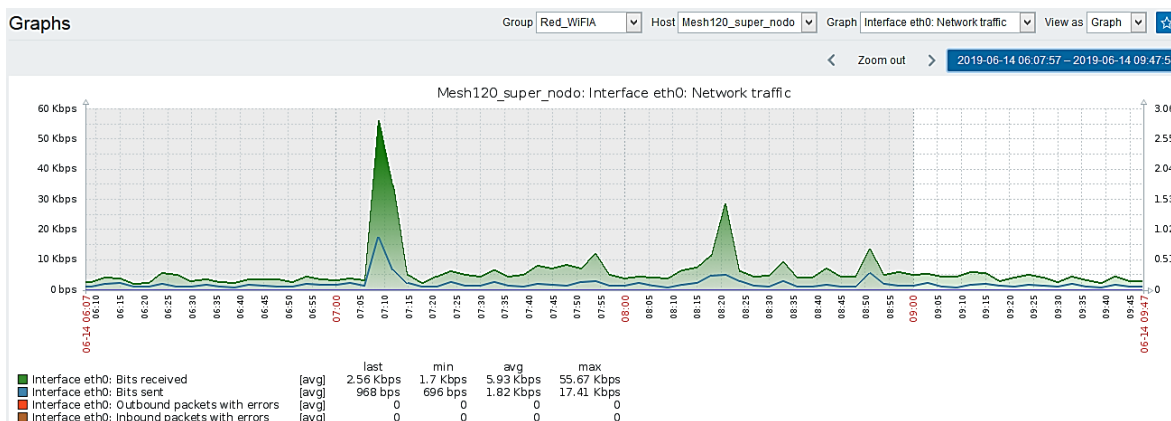


FIGURA 47. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED eth0 DE Mesh120_super_nodo.

Como se puede observar en la leyenda ubicada en la esquina inferior izquierda de la FIGURA 47, la gráfica en color verde corresponde a Bits recibidos durante el monitoreo, y la gráfica en color azul

corresponde a Bits enviados (estos están relacionados al momento en el cual el servidor Zabbix establece comunicación con un nodo y solicita información).

La FIGURA 47 muestra el tráfico de red presente en la tarjeta de red etiquetada con el nombre **eth0**, como se puede observar, se producen picos de tráfico de red en determinados intervalos de tiempo para diferentes horas. Estos picos de tráfico son el resultado de datos enviados por los nodos de la red de medidores distribuida en el campus y que pasan a través del supernodo por medio de esta interfaz de red.

El supernodo Mesh120 es el punto común por el cual tienen que recorrer los datos enviados por los agentes SNMP de los nodos de la Red_Wifia para llegar al servidor Zabbix, y también es el punto por el cual los datos enviados por la red de medidores deben transitar cuando estos son enviados hacia un servidor de almacenamiento de datos ubicado en la escuela de Ingeniería Eléctrica.

El comportamiento observado en las restantes interfaces de red del supernodo es muy similar al descrito por la FIGURA 47, esta similitud se debe a que varias de las interfaces del supernodo son simples alias de una misma interfaz. Estas interfaces experimentan picos de tráfico durante determinados periodos de tiempo, por lo tanto, solo se mostrara los resultados obtenidos para la interfaz **ath0**.

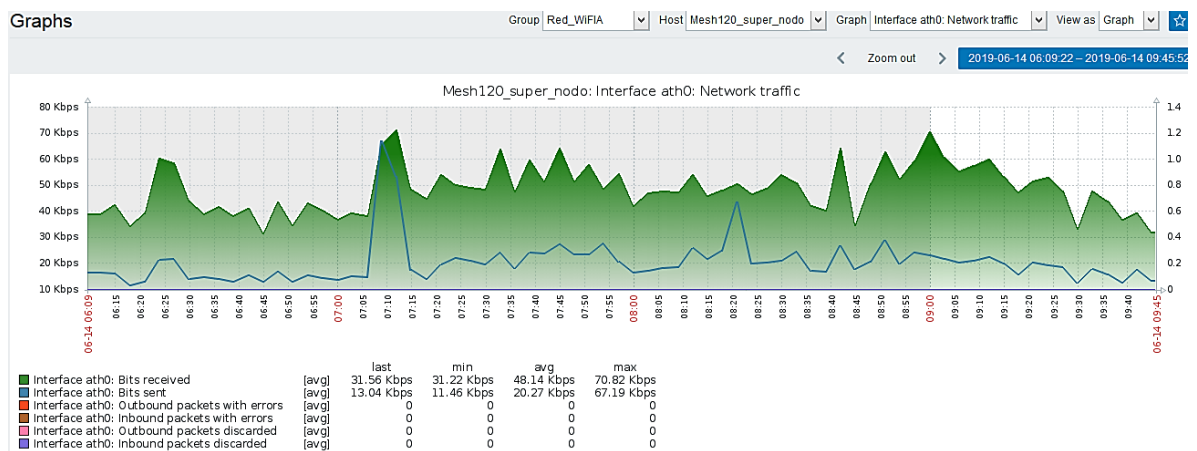


FIGURA 48. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED ath0 de Mesh120_super_nodo.

Como se observa en la leyenda de la FIGURA 48, la gráfica de color verde representa lo Bits recibidos a través de la interfaz **ath0**, y la gráfica en azul representa los Bits enviados cuando se establece una comunicación.

Esta interfaz etiquetada como ath0, es una de las interfaces que registran mayor actividad debido a que parte del tráfico de red pasa a través de esta. Como se explicó anteriormente, este tráfico de red es debido a los datos enviados por los nodos de la red de medidores hacia el servidor dedicado para dichos datos, por la Red_WiFIA hacia el servidor Zabbix, o por ambas redes cuando estas envían información.

3.5 Prueba realizada y resultados obtenidos en un nodo de la red de medidores

3.5.1 Motivación para realizar la prueba

Con el objetivo presentar una línea futura de ampliación de este trabajo de graduación, a continuación se muestran los resultados obtenidos al realizar una prueba de monitoreo SNMP a un nodo perteneciente a la red de medidores que se encuentra distribuida a lo largo del campus de la universidad.

Esta prueba tiene por objetivo demostrar que, el protocolo SNMP puede ser correctamente instalado y configurado dentro de los routers que conforman la red de medidores sin generar conflictos o problemas de configuración con los programas previamente instalados en estos durante el desarrollo de trabajos de graduación anteriores. Todo esto con el objetivo de proveer un sistema de respaldo de monitoreo, que cuente con soporte técnico adecuado y que ofrezca un método alternativo básico para verificar el estado de conexión de los nodos de la red conocida como red de medidores.

3.5.2 Elección del nodo de prueba y configuración del MP01

Basado en el conocimiento acerca del espacio requerido para la correcta instalación y configuración del protocolo SNMP dentro de un MP01, se sabe que este necesita de un espacio libre de memoria de al menos 1.5 Mb dentro del router.

Como primer paso, se volverá a hacer uso del MP01 previamente usado durante la configuración de los nodos de la red WiFIA debido a que los parámetros de familia IP de la red de medidores pertenecen a la misma familia que los usados en la red WiFIA (familia de IPs 10.130.3.0/24). Véase la FIGURA 36, sección 3.2 para una referencia acerca de estos parámetros IP.

Como segundo paso, se debe elegir un MP01 de la red de medidores que cumpla con los criterios básicos mostrados a continuación:

- Disponibilidad de espacio de memoria suficiente para instalar y configurar el protocolo SNMP.
- Que muestre una calidad de enlace estable con el supernodo Mesh120.

Para conocer cuales MP01 de la red de medidores cumplen con los criterios mencionados anteriormente, se muestra a continuación la TABLA 3 donde aparecen listados los routers que conforman la red de medidores; esta tabla es una versión actualizada de una tabla proporcionada en trabajos de graduación anteriores que han estado relacionados con la configuración de la red de medidores. En esta ocasión, la actualización de la tabla muestra información referente al establecimiento del enlace entre supernodo y nodo, espacio de memoria disponible y estado del router en la red de medidores.

Nombre del nodo	IP MP01	Responde a comando PING	Espacio de Memoria disponible	Estado del MP01
Agronomía	10.130.3.217	si	1.5Mb	Activo
AgronomíaDecanato	10.130.3.218	no	Desconocido	Inactivo
AgronomíaGalera	10.130.3.219	si	1.4Mb	Activo
AgronomíaQuímica	10.130.3.220	no	Desconocido	Inactivo
Artes	10.130.3.230	no	Desconocido	Inactivo
AuditoriumMarmol	10.130.3.215	no	Desconocido	Inactivo
Cafetines	10.130.3.212	si	100kb	Activo
ComedorUES	10.130.3.211	si	652kb	Activo
Derecho	10.130.3.201	si	1.6Mb	Activo
Economía1	10.130.3.202	no	Desconocido	Inactivo
Economía2	10.130.3.203	si	1.2Mb	Activo
Economía3	10.130.3.204	si	556kb	Activo
Economía4	10.130.3.205	si	640kb	Activo
Economía5	10.130.3.206	no	Desconocido	Inactivo
Economía6	10.130.3.207	no	340kb	Activo
Humanidades1	10.130.3.208	no	Desconocido	Inactivo
Humanidades2	10.130.3.209	si	100kb	Activo
Humanidades3	10.130.3.210	si	1.8Mb	Activo
Humanidades4	10.130.3.231	si	2.4Mb	Activo
MecanicaComplejo	10.130.3.216	si	100kb	Activo
Medicina	10.130.3.227	no	Desconocido	Inactivo
Odontología1	10.130.3.224	no	Desconocido	Inactivo
Odontología2	10.130.3.225	si	808kb	Activo
Odontología3	10.130.3.226	si	700kb	Activo
OdontologíaImprenta	10.130.3.223	si	896kb	Activo
Periodismo	10.130.3.213	si	1.5Mb	Activo
PrimarioFIA	10.130.3.214	no	unknown	Inactivo
Psicología	10.130.3.228	si	1.6Mb	Activo
Rectoría	10.130.3.229	no	unknown	Inactivo
Química	10.130.3.221	si	1.4Mb	Activo
QuímicaImprenta	10.130.3.222	si	900kb	Activo
(*) El router se encuentra fuera de servicio				
(*) El router requiere mantenimiento				

TABLA 3. ESTADO ACTUAL Y ESPACIO DE MEMORIA DISPONIBLE DE LOS NODOS DE LA RED DE MEDIDORES.

Como se puede apreciar en la TABLA 3, el estado actual de la mayoría de los nodos en la red de medidores es **activo**, basándose en el criterio de espacio de memoria disponible y estabilidad del enlace que se propusieron antes; el nodo llamado **Agronomía** es uno que cumple con dichos criterios y este fue seleccionado para realizar la prueba de instalación y configuración de protocolo SNMP. En la FIGURA 49, la línea `/dev/mtdblock3` muestra que el espacio de memoria disponible es de 1.5 Mb.

Posteriormente, como tercer paso, se procedió a copiar los archivos de paquetería (usando `scp` como ya se explicó en apartados anteriores) para luego realizar la instalación, configuración y ejecución del protocolo SNMP dentro de dicho router. La FIGURA 50 muestra el proceso de instalación de dependencias y paquetería principal para que el protocolo se ejecute correctamente en el MP01.

```

root@MP-217:~# df -h
Filesystem                Size      Used Available Use% Mounted on
/dev/root                  3.0M       3.0M          0 100% /rom
tmpfs                     6.8M       52.0K        6.7M   1% /tmp
tmpfs                     512.0K          0       512.0K   0% /dev
/dev/mtddbblock3         3.9M       2.5M        1.5M  63% /jffs
mini_fo:/jffs            3.0M       3.0M          0 100% /
root@MP-217:~# exit
root@MP-156:~# scp *ipk root@10.130.3.217:/root
root@10.130.3.217's password:
libelf_0.8.10-1_mips.ipk                100%  27KB  27.4KB/s   00:00
libnetsnmp_5.1.2-2.3_mips.ipk         100% 247KB  19.0KB/s   00:13
snmp-utils_5.1.2-2.3_mips.ipk          100%  16KB  15.8KB/s   00:00
snmpd-static_5.1.2-2.3_mips.ipk        100% 231KB  25.6KB/s   00:09
snmpd_5.1.2-2.3_mips.ipk               100% 231KB  28.8KB/s   00:08

```

FIGURA 49. COPIA DE ARCHIVOS DE PAQUETERIA SNMP EN NODO AGRONOMIA.

```

root@MP-217:~# opkg install libelf_0.8.10-1_mips.ipk
Installing libelf (0.8.10-1) to root...
Configuring libelf
root@MP-217:~# opkg install libnetsnmp_5.1.2-2.3_mips.ipk
Installing libnetsnmp (5.1.2-2.3) to root...
Configuring libnetsnmp
root@MP-217:~# opkg install snmpd_5.1.2-2.3_mips.ipk
Installing snmpd (5.1.2-2.3) to root...
Configuring snmpd

```

FIGURA 50. INSTALACION DE PAQUETERIA SNMP EN NODO AGRONOMIA.

Como paso final en la configuración de este nodo en el que se realizara la prueba, se ejecutan las instrucciones que le indican al MP01 que inicie el protocolo siempre que el sistema sea reiniciado, y también, se le ordenara ejecutar el protocolo SNMP para iniciar su posterior monitoreo desde el servidor Zabbix con las siguientes líneas desde la consola de comandos dentro del router:

```

#>/etc/init.d/snmpd enable
#>/etc/init.d/snmpd start

```

3.5.3 Configuración del nodo en el servidor Zabbix, monitoreo SNMP y resultados obtenidos.

El proceso es similar al expuesto en el apartado 3.3 de este capítulo, por lo tanto, a continuación solo se presentara la lista de pasos seguidos para configurar el nodo **Agronomía** en el servidor Zabbix y luego se mostraran los resultados obtenidos durante la realización de esta prueba.

Configuración de nodo **Agronomía** en el servidor Zabbix:

- Menú **Configuration > Create host group** y crear grupo Red_Medidores.
- Menú **Configuration > Create host** y crear **Agronomia**.
- Configurar parámetros IP del **Agronomia217**.

- Seleccionar y añadir TEMPLATES SNMPv2.
- Configurar usuario y macro relacionada a parámetros SNMP.

Luego de configurar el nodo **Agronomía** en el servidor Zabbix se procedió a dar seguimiento por medio del monitoreo SNMP y los resultados obtenidos son presentados a continuación:

<u>Agronomia</u>	General (6 Items)		
Device contact details	2019-06-14 09:00:06	root@localhost	
Device description	2019-06-14 09:00:06	Linux MP-217 2.6.26.3 #15 Fri ...	
Device location	2019-06-14 09:00:10	Unknown	
Device name	2019-06-14 09:00:06	MP-217	
SNMP traps (fallback)			
System object ID	2019-06-14 09:00:06	NET-SNMP-MIB::netSnmpAgen...	

FIGURA 51. PARAMETROS RECOLECTADOS POR EL MODULO DE INFORMACION GENERAL SNMPv2.

La FIGURA 51 muestra los datos recolectados por el módulo de información general, entre estos datos se puede nuevamente hacer mención a parámetros obtenidos tales como la información de contacto, descripción del dispositivo y nombre del mismo. Como ya se ha explicado antes, estos parámetros son recolectados por diferentes comandos que ejecuta el módulo de información general cuando el servidor Zabbix establece un canal de comunicación con el agente SNMP activo dentro del MP01.

A continuación, la FIGURA 52 presenta los parámetros recolectados por el módulo de información de estado. Entre los parámetros que este módulo recolecta podemos mencionar: el tiempo en el que ha estado activo el dispositivo, el cual corresponde a un periodo de 360 días, significando que el router no ha experimentado reinicios inesperados durante todo ese tiempo, debidos a cortes de energía eléctrica o problemas de otra índole; la respuesta al comando PING, así como sus diferentes variables, el cual confirma que el dispositivo efectivamente se encuentra activo y responde a la comunicación establecida con el servidor durante este monitoreo, y finalmente, la nueva característica que corresponde a la disponibilidad de monitoreo SNMP, en la cual se aprecia que, el servidor Zabbix cuenta con información enviada por el agente activo en el MP01 la cual indica que si se puede realizar el monitoreo usando este protocolo.

Agronomia	Status (5 Items)			
Device uptime	2019-06-14 09:42:05	360 days, 22:10:42	+00:00:30	
ICMP loss	2019-06-14 09:42:05	33.33 %		
ICMP ping	2019-06-14 09:42:05	Up (1)		
ICMP response time	2019-06-14 09:42:05	44ms	+10ms	
SNMP availability	2019-06-14 09:41:59	available (1)		

FIGURA 52. PARAMETROS RECOLECTADOS POR MODULO DE INFORMACION DE ESTADO.

Finalmente, se presentan a continuación los resultados obtenidos por el módulo de interfaces de red que es el encargado de obtener datos para generar gráficos que representen la carga de tráfico de red generado en las diferentes interfaces de red con las que cuente el dispositivo monitorizado. Estos gráficos corresponden a 2 de las interfaces de red del MP01 **Agronomía**, interfaz ath0 e interfaz br-lan, los cuales muestran la carga de red registrada durante la realización de esta prueba de monitoreo.

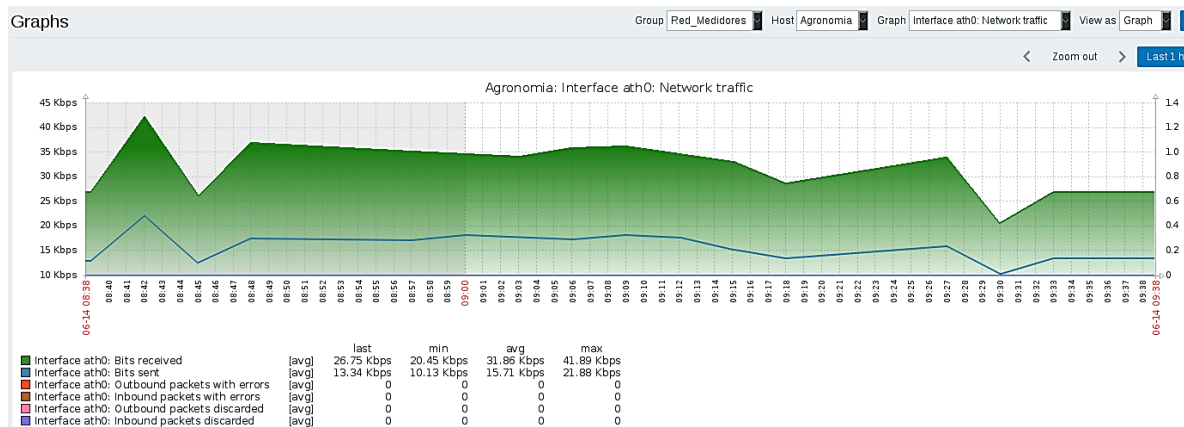


FIGURA 53. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED ath0 DE Agronomia217.

Como se puede apreciar, la leyenda de la FIGURA 53 indica la cantidad de Bits transmitidos y recibidos durante el monitoreo realizado a este router, la gráfica de color verde representa la información enviada por el dispositivo a través de esta interfaz; y la gráfica de color azul representa los datos enviados durante el establecimiento de la comunicación entre servidor Zabbix y agente SNMP activo dentro del MP01.

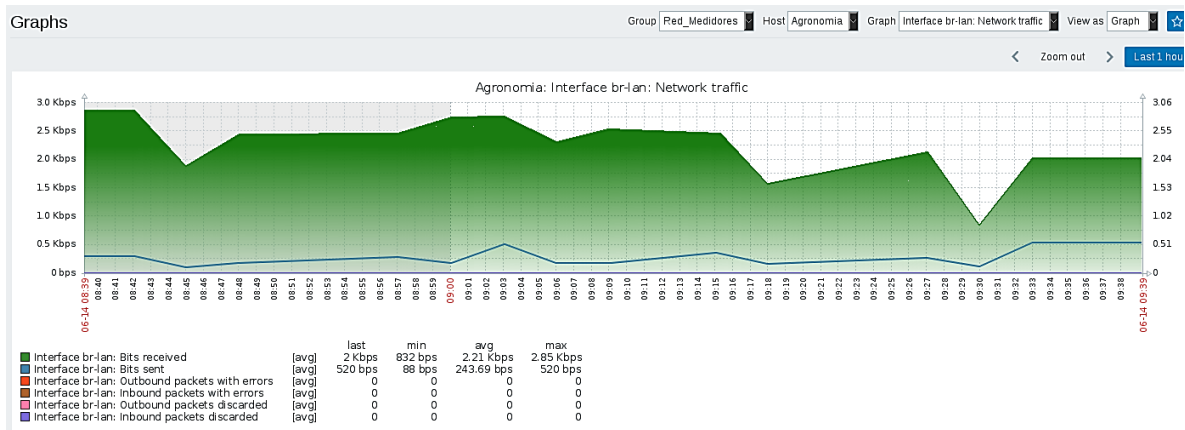


FIGURA 54. TRAFICO DE RED EN INTERFAZ DE RED EN br-lan DE Agronomia217.

En la FIGURA 54 se puede apreciar el reporte de tráfico de red generado en la interfaz de red **br-lan** en el router. Este tráfico es generado por la interacción que el MP01 realiza con un medidor de energía encargado de censar el consumo de energía del edificio principal de la facultad de Agronomía, el medidor recolecta los parámetros eléctricos que le son requeridos, y, por medio de conexión LAN se comunica con el router, luego el router se encarga de enviar los datos recolectados por el medidor hacia un servidor de almacenamiento dedicado exclusivamente para ese propósito. Apoyándose en la explicación brindada en el párrafo anterior acerca de cómo se genera el tráfico de red en la interfaz **br-lan** del router **Agronomía**, se puede observar que, la gráfica de color verde corresponde a los datos que el router recibe por parte del medidor de energía; mientras que la gráfica de color azul muestra la interacción que el router tienen con el medidor cuando este le solicita los datos que ha recolectado.

Como se ha podido apreciar, los resultados de la prueba realizada al nodo **Agronomía** de la red de medidores usando protocolo SNMP ha sido un éxito. Esto demuestra que se puede establecer un servidor de monitoreo alternativo, por medio de protocolo SNMP y el servidor Zabbix, que sea capaz de vigilar el estado de conexión de los nodos de la red de medidores y del cual se puedan aprovechar las características que se han expuesto en los apartados anteriores.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS.

4.1 Conclusiones

- El protocolo SNMP ha demostrado ser adecuado en la implementación del servidor de monitoreo desarrollado durante este trabajo debido a que, este ofrece por medio del agente SNMP activo dentro de cada router en el que se instale el protocolo, envía información referente a diversos parámetros y estados del dispositivo; y esta información puede ser luego procesada por Zabbix para generar reportes que permitan conocer el estado de la red en la que se implemente.
- El servidor de monitoreo Zabbix es una herramienta descriptiva que permite conocer por medio de reportes generados a través de los módulos de recolección de información SNMP y su sistema de notificaciones parámetros tales como: el estado de conexión de los dispositivos que monitorice, saber cuándo ocurre una interrupción o suceso con algún dispositivo (para ejecutar acciones de mantenimiento posteriormente) y ver de manera gráfica el comportamiento del tráfico de red en cada router o dispositivo que se monitorice.
- Una de las limitantes principales con la instalación, configuración y ejecución del protocolo SNMP dentro de los MP01 es el espacio de memoria disponible que estos tengan, es por ello que, cada router en el cual se quiera ejecutar este protocolo debe contar con al menos 1.5 Mb de espacio disponible para garantizar su correcta instalación y configuración.
- Una solución para resolver el problema de comunicación con Mesh184 (como se expuso en el capítulo III) consiste en colocar nodos repetidores que ofrezcan y permitan establecer rutas alternas a la utilizada durante el establecimiento de la comunicación con este. Los lugares donde se pueden establecer nodos repetidores para lograr este objetivo podrían ser las aulas correspondientes a F-1 y el Auditorium Miguel Mármol.
- Los resultados obtenidos durante la prueba de monitoreo en el nodo de la red de medidores llamado **Agronomía**, demuestran que el protocolo SNMP puede ser instalado y configurado en los routers que conforman esta red sin afectar o generar ningún tipo de conflicto relacionado a la configuración y ejecución de programas instalados en estos routers durante el desarrollo de trabajos de graduación anteriores a este trabajo; el principal inconveniente que se tiene con estos routers de esta red es el espacio de memoria que poseen porque algunos no cuentan con el mínimo de 1.5 Mb libres para llevar a cabo la instalación del protocolo SNMP.

4.2 Líneas futuras

- La implementación del servidor de monitoreo Zabbix, su sistema de notificaciones y la vigilancia del estado de conexión de los nodos de la red WiFIA, permitirá seguir dando continuidad a este proyecto instalado en la facultad de ingeniería y arquitectura, ya que con esto se permitirá tomar y ejecutar acciones referentes a los problemas que ocurran con los equipos de esta red.
- La adición, reubicación y rehabilitación de los nodos de la red WiFIA incrementara en gran medida la comunicación entre los nodos existentes y activos en la red actual, este proceso requerirá revisar la condición actual de cada dispositivo, dar mantenimiento o sustituir los routers según sea el caso.
- La ampliación del servidor de monitoreo Zabbix para incluir la red de medidores del campus de la Universidad requerirá de liberar espacio de memoria en los routers que presentó la TABLA 3 para que estos cumplan con el requisito de poseer al menos 1.5 Mb de espacio libre para instalar y configurar el protocolo.

ANEXOS

ANEXO A.1 CONFIGURACION DE UN SERVIDOR ZABBIX

Durante el desarrollo de este trabajo de graduación, se tuvo la necesidad de utilizar diferentes plataformas de sistemas operativos en las cuales el servidor de monitoreo Zabbix funcionaria, entre estas plataformas que fueron ocupadas tenemos a Ubuntu Server 18.04 y Raspbian 9 Stretch.

Ya sea que se ocupe cualquier sistema operativo de los anteriormente mencionados, el proceso de instalación y configuración del servidor Zabbix [9] es básicamente el mismo, las diferencias entre procesos serán mencionadas en su debido momento, y este proceso es explicado a continuación.

Como primer paso, se selecciona el repositorio Zabbix perteneciente al sistema operativo que se ocupe como plataforma para instalarlo (en este Anexo se mostrara el proceso de instalación respectivo a Raspbian 9 Stretch) desde la web del creador del programa:

<https://www.zabbix.com/download>

Desde una consola de comando, al tener la dirección del repositorio adecuado escribimos:

```
wget https://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian/pool/main/z/zabbix-release/zabbix-  
release_3.5-1+stretch_all.deb
```

```
root@raspberrypi:/# wget https://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian/pool/main/z/  
/zabbix-release/zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb  
--2019-06-13 18:45:45-- https://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian/pool/main/z/z  
abbix-release/zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb  
Resolviendo repo.zabbix.com (repo.zabbix.com)... 162.243.159.138, 2604:a880:1:20  
::b82:1001  
Conectando con repo.zabbix.com (repo.zabbix.com)[162.243.159.138]:443... conecta  
do.  
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 200 OK  
Longitud: 3918 (3.8K) [application/octet-stream]  
Grabando a: "zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb"  
  
zabbix-release_3.5- 100%[=====>] 3.83K --.-KB/s in 0s  
  
2019-06-13 18:45:47 (8.55 MB/s) - "zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb" guardad  
o [3918/3918]
```

FIGURA 55. DESCARGANDO PAQUETE .DEB DE REPOSITARIOS DE ZABBIX.

A continuación, se procede a desempaquetar el archivo .deb que se acaba de descargar. Esto se hace con el propósito de agregar de manera automática el repositorio de Zabbix a la lista de repositorios que posee el sistema operativo y después se actualiza dicha lista por medio de las instrucciones:

```
dpkg -i zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb  
apt update
```

```

root@raspberrypi:/# dpkg -i zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb
(Leyendo la base de datos ... 133191 ficheros o directorios instalados actualmen
te.)
Preparando para desempaquetar zabbix-release_3.5-1+stretch_all.deb ...
Desempaquetando zabbix-release (3.5-1+stretch) sobre (3.0-2+stretch) ...
Configurando zabbix-release (3.5-1+stretch) ...
Instalando una nueva versión del fichero de configuración /etc/apt/sources.list.
d/zabbix.list ...
root@raspberrypi:/# apt update
Des:1 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch InRelease [4,932 B]
Obj:2 http://archive.raspberrypi.org/debian stretch InRelease
Obj:3 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian stretch InRelease
Des:4 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main Sources [1,165 B]
Des:5 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main armhf Packages [3,
777 B]
Descargados 9,874 B en 7s (1,272 B/s)
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Todos los paquetes están actualizados.
root@raspberrypi:/# █

```

FIGURA 56. ACTUALIZANDO REPOSITORIOS DE RASPBIAN.

Luego de actualizar la lista de repositorios de Raspbian para que incluyan los de Zabbix, procedemos a instalar los componentes principales los cuales son el front-end, la base de datos y el servidor Zabbix con el comando:

```
apt -y install zabbix-server-mysql zabbix-frontend-php
```

```

pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
php-common php-gd php-ldap php-mbstring php-mysql php-xml php7.0-bcmath
php7.0-cli php7.0-common php7.0-gd php7.0-json php7.0-ldap php7.0-mbstring
php7.0-mysql php7.0-opcache php7.0-readline php7.0-xml snmpd ssl-cert
ttf-dejavu-core zabbix-agent zabbix-frontend-php zabbix-server-mysql
0 actualizados, 66 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 0 no actualizados.
Se necesita descargar 30.8 MB de archivos.
Se utilizarán 184 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
Des:1 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main armhf zabbix-serve
r-mysql armhf 1:4.0.0rc3-1+stretch [2,029 kB]
Des:2 http://raspbian.mirrors.lucidnetworks.net/raspbian stretch/main armhf liba
pr1 armhf 1.5.2-5 [79.8 kB]
Des:6 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main armhf zabbix-agent
armhf 1:4.0.0rc3-1+stretch [379 kB]
Des:8 http://repo.zabbix.com/zabbix/3.5/raspbian stretch/main armhf zabbix-front
end-php all 1:4.0.0rc3-1+stretch [2,395 kB]
Des:3 http://raspbian.mirrors.lucidnetworks.net/raspbian stretch/main armhf liba
prutil1 armhf 1.5.4-3 [75.9 kB]
Des:4 http://raspbian.mirrors.lucidnetworks.net/raspbian stretch/main armhf liba
prutil1-dbd-sqlite3 armhf 1.5.4-3 [17.9 kB]
Des:5 http://raspbian.mirrors.lucidnetworks.net/raspbian stretch/main armhf liba
prutil1-ldap armhf 1.5.4-3 [16.9 kB]
Des:7 http://raspbian.mirrors.lucidnetworks.net/raspbian stretch/main armhf apac
he2-bin armhf 2.4.25-3+deb9u7 [1,043 kB]
18% [Conectando a raspbian.raspberrypi.org (93.93.128.193)] 547 kB/s 45s█

```

FIGURA 57. INSTALACION DE FRONT-END, BASE DE DATOS Y SERVIDOR ZABBIX.

Una vez instalados los tres elementos mencionados, procedemos a configurar la base de datos que ocupara Zabbix:

Escribimos en la terminal:

```
# mysql -uroot -p
```

A lo cual nos pedirá contraseña, la cual es la contraseña del super usuario del sistema; una vez introducida la contraseña, el prompt cambiara de aspecto el cual será la indicación de que estamos dentro del ambiente de MySQL listos para empezar a configurar la base de datos usando los comandos:

```
mysql> create database zabbix character set utf8 collate utf8_bin;  
mysql> grant all privileges on zabbix.* to zabbix@localhost identified by 'password';  
mysql>quit
```

La primera línea especifica que estamos creando una base de datos llamada zabbix y a esta le asignamos parámetros como el tipo de caracteres que usara.

La segunda línea indica que la base de datos llamada “zabbix” tiene permisos de lectura y escritura.

NOTA: la palabra **password** es la contraseña que tendrá nuestra base de datos.

A continuación, luego de haber creado base de datos; importaremos el esquema de dicha base de datos al directorio de Zabbix con la siguiente instrucción:

```
zcat /usr/share/doc/zabbix-server-mysql*/create.sql.gz | mysql -uzabbix -p zabbix
```

Al ejecutar este comando, una contraseña será solicitada; esta contraseña ha sido la seleccionada cuando se configuro la base de datos **password**.

Con lo anterior, ha concluido la parte de la configuración de la base de datos de MySQL de Zabbix. A continuación se mostrara el proceso de configuración del servidor para que este ocupe la base de datos que se acaba de configurar:

Editamos el archivo zabbix-server.conf que se encuentra en la ruta **#>/etc/zabbix/** con la ayuda de un editor de texto (en este caso se usa el editor Nano) y buscamos las líneas que corresponden al Usuario, nombre y contraseña de la base de datos de MySQL y colocamos los respectivos nombres tal y como lo muestra la FIGURA 58 teniendo siempre en mente la contraseña que se eligió

```
pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
GNU nano 2.7.4 Fichero: /etc/zabbix/zabbix_server.conf

### Option: DBName
# Database name.
#
# Mandatory: yes
# Default:
# DBName=

DBName=zabbix
### Option: DBUser
# Database user.
#
# Mandatory: no
# Default:
# DBUser=

DBUser=zabbix
### Option: DBPassword
# Database password.
# Comment this line if no password is used.
#
# Mandatory: no
# Default:
DBPassword=Password
```

FIGURA 58. CONFIGURACION DE SERVIDOR ZABBIX CON BASE DE DATOS DE MYSQL.

Guardamos los cambios efectuados en el archivo con la combinación de teclas “Ctrl+O” y salimos del editor de texto con la combinación “Ctrl+X”.

Concluida la edición del archivo de configuración de Zabbix para que ocupe la base de datos de MySQL, procedemos a editar el archivo perteneciente al servicio apache de PHP, en este archivo se encuentran las configuraciones de zona horaria para Zabbix, buscaremos la línea “#php_value date.timezone Europe/Riga”, retiramos el carácter # y escribimos en lugar de Europe/Riga la zona horaria America/El_Salvador como se muestra en la FIGURA 59


```
<IfModule mod_php5.c>
  php_value max_execution_time 300
  php_value memory_limit 128M
  php_value post_max_size 16M
  php_value upload_max_filesize 2M
  php_value max_input_time 300
  php_value max_input_vars 10000
  php_value always_populate_raw_post_data -1
  # php_value date.timezone America/El_Salvador
</IfModule>
<IfModule mod_php7.c>
  php_value max_execution_time 300
  php_value memory_limit 128M
  php_value post_max_size 16M
  php_value upload_max_filesize 2M
  php_value max_input_time 300
  php_value max_input_vars 10000
  php_value always_populate_raw_post_data -1
  php_value date.timezone America/El_Salvador
</IfModule>
```

FIGURA 59. CAMBIO DE ZONA HORARIA EN ARCHIVO DE CONFIGURACION DE APACHE PHP.

Debe notarse que, en el archivo existen dos bloques correspondientes a los módulos de PHP, estos bloques están relacionados a la versión de PHP que se ejecute en el sistema operativo base donde se está instalando el servidor Zabbix; para el caso, la versión que se ejecuta en Raspbian es PHP7 y por lo tanto se debe editar el bloque correspondiente a este (es por esta razón que, aunque se ha editado el bloque de PHP5, la línea editada se mantiene comentada con el carácter #).

Una vez realizado este cambio en el archivo de apache, se reinicia el servicio de este por medio de la instrucción siguiente:

```
#>systemctl restart zabbix-server apache2
```

Luego de ejecutado el comando de reinicio de apache, se indicara al sistema operativo que inicie junto consigo el servidor Zabbix de la siguiente forma:

```
#>systemctl enable zabbix-server apache2
```

De este modo, el servidor Zabbix está configurado de manera correcta y este se ejecutara cada vez que el sistema Raspbian se inicie. A partir de este punto, únicamente resta configurar la interfaz gráfica (el front-end) de Zabbix para que funcione correctamente.

Para acceder por primera vez a la interfaz gráfica de Zabbix, basta con abrir cualquier aplicación de navegador y en la barra de direcciones escribimos la dirección IP que posea el equipo donde instalamos el servidor Zabbix de la siguiente forma:

http://ip_local_host/zabbix

En el caso de esta demostración de instalación, ip_local_host = 192.168.1.7

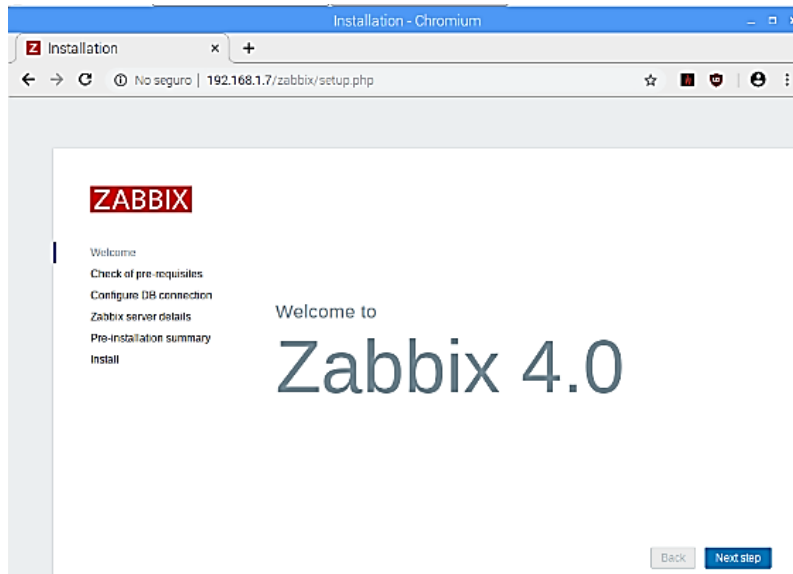


FIGURA 60. PRIMER INICIO DE INTERFAZ WEB DEL SERVIDOR ZABBIX.

Al dar clic al botón “Next step” veremos la pantalla de cumplimiento de prerequisites, si todas la configuraciones han sido realizadas correctamente y cada prerequisite cumplido como se observa, Procedemos a la pantalla de configuración de parámetros de la base de datos de MySQL donde revisaremos que todo esté en orden, y asegurándose de utilizar el password elegido para esta base de datos.

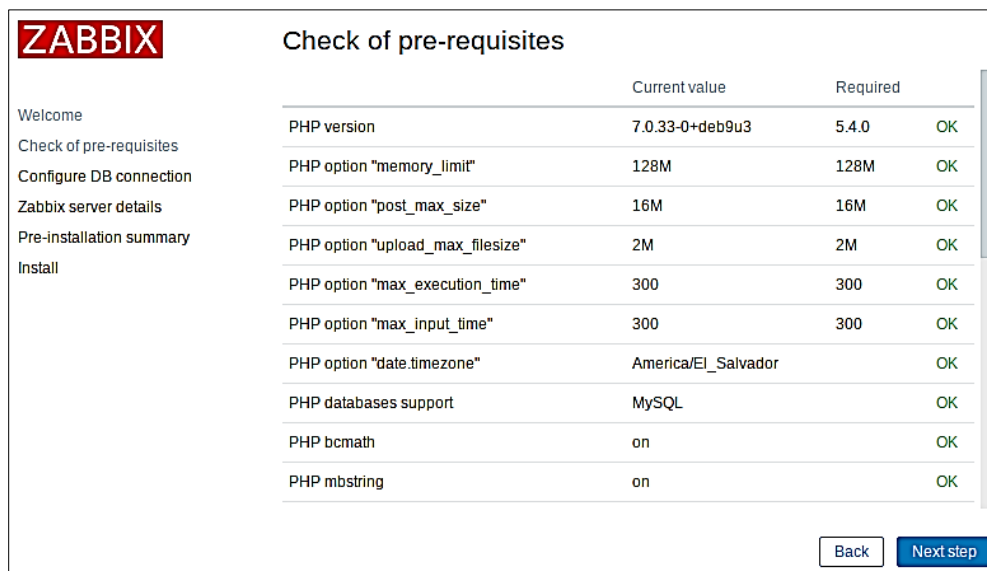


FIGURA 61. CUMPLIMIENTO DE PRERREQUISITOS DE SERVIDOR ZABBIX.

FIGURA 62. PARAMETROS DE BASE DE DATOS DE MYSQL.

Seguido de estos pasos, se muestra la pantalla de configuración correspondiente a parámetros del servidor Zabbix, en esta pantalla se colocaran los parámetros que utilizara el servidor para acceder a la interfaz web. Posteriormente, se presentara una pantalla en la que se resume la información de configuración perteneciente al servidor Zabbix.

FIGURA 63. PARAMETROS DEL SERVIDOR ZABBIX PARA ACCEDER A INTERFAZ WEB.

FIGURA 64. RESUMEN DE CONFIGURACION DE INTERFAZ WEB DE SERVIDOR ZABBIX.

Si todos los requisitos han sido cumplidos, la configuración de la interfaz web del servidor estará completa y se puede proceder a acceder a la interfaz de administración de Zabbix por medio del uso del nombre de usuario y contraseña del mismo. Para la FIGURA 65, el usuario y contraseña son: **Admin** y **zabbix** respectivamente.




FIGURA 65. PANTALLA DE INICIO DE SESION DEL SERVIDOR ZABBIX.

Como paso final y previo al inicio del servidor Zabbix, se debe aclarar que, es importante instalar y configurar el protocolo SNMP dentro del sistema operativo base donde se ejecuta el servidor [10]. Para realizar esto se ejecutaran los siguientes comandos desde la consola:

```
apt get install snmp snmpd snmp-mibs-downloader
```

Posteriormente, al finalizar la instalación del protocolo, se debe editar el archivo **snmp.conf** y comentar la línea donde aparezca la palabra **mibs**. El propósito de hacer esto es que el protocolo SNMP utilice un intérprete, y, en lugar de mostrar el código numérico que corresponde a cada OID, muestre un nombre o etiqueta que sea más comprensible para el administrador de red.

```
#>nano /etc/snmp/snmp.conf
```

Comentar la línea con la palabra **mibs**

```
#mibs
```

ANEXO A.2 CONFIGURACION DE INTERFACES DE RED PARA SERVIDOR ZABBIX EN RASPBIAN

En este apartado se mostrara el proceso realizado para configurar la interfaz de red LAN de Raspbian para que de este modo posea parámetros que se encuentren en la misma familia de direcciones IP en la que se encuentran los servidores de bajo costo utilizados en trabajos de graduación anteriores.

Editaremos dos archivos dentro de Raspbian, el primero corresponde al archivo encargado de definir las direcciones IP de manera estática o dinámica. Para el caso configuraremos las direcciones del servidor de modo que sean estáticas y que pertenezcan a la familia de IPs 192.168.1.0/24 con alias 10.130.3.0/24 de la siguiente manera agregando las siguientes líneas al archivo:

```
#>cd /etc/network
#>nano interfaces

auto lo
iface lo inet loopback

#iface eth0 inet manual
auto eth0
iface eth0 inet static

#asignando IP estatica
address 192.168.1.152
gateway 192.168.1.1
netmask 255.255.255.0

#Datos de la familia IP
network 192.168.1.0
broadcast 192.168.1.255

#Creando ALIAS para tarjeta de red
auto eth0:1
iface eth0:1 inet static
address 10.130.3.197
gateway 10.130.3.120
netmask 255.255.255.0

#datos de familia IP para ALIAS
network 10.130.3.0
broadcast 10.130.3.255
```

```
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
    wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
allow-hotplug wlan1
iface wlan1 inet manual
    wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

A continuación, se procederá a editar el archivo `wpa_supplicant` que está ubicado en el directorio `"/etc/wpa_supplicant"`

```
#>cd /etc/wpa_supplicant
#>nano wpa_supplicant.conf
```

Y agregamos la siguiente línea al inicio del archivo:

```
country=GB
```

BIBLIOGRAFÍA

[1] Palacios Giron, Luis Humberto (2017) Ampliación del monitoreo de variables eléctricas en las subestaciones de la Universidad de El Salvador

<http://ri.ues.edu.sv/15091/>

[2] PROTOCOLO SNMP

<https://es.scribd.com/document/363590032/PROTOCOLO-SNMP>

[3] SNMP: protocolos

<https://es.scribd.com/document/354987216/6-SNMP-2>

[4] Protocolo SNMP, MIB y OID

<https://es.scribd.com/presentation/65033826/PROTOCOLO-SNMP>

[5] Documentación de Zabbix

<https://www.zabbix.com/documentation/4.0/manual/introduction/about>

[6] Servidor Zabbix

<https://es.scribd.com/document/70708366/Zabbix-1-8-Manual-Zabbix>

[7] TEMPLATES

<https://www.zabbix.com/documentation/4.0/manual/definitions>

[8] Página web oficial de Village Telco, paquetería SNMP

<http://download.villagetelco.org/firmware/vt/stable/mp/MESH-POTATO/mips/>

[9] Instalar y configurar Zabbix

<https://www.programadornovato.com/2017/12/instalar-y-configurar-zabbix.html>

[10] Instalar portocolo SNMP

<http://www.raspberry-pi-geek.com/Archive/2017/21/Turn-your-Pi-into-a-network-monitor-and-I-O-device>