

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Telecomunicación

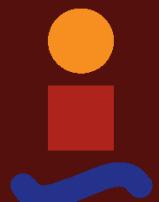
Detección de anomalías en los registros de tráfico ofrecidos por IPFIX

Autor: Agustín Walabonso Lara Romero

Tutor: Rafael Estepa Alonso

Dpto. de Ingeniería Telemática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Detección de anomalías en los registros de tráfico ofrecidos por IPFIX

Autor:
Agustín Walabonso Lara Romero

Tutor:
Rafael Estepa Alonso
Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Telemática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Detección de anomalías en los registros de tráfico ofrecidos por IPFIX

Autor: Agustín Walabonso Lara Romero

Tutor: Rafael Estepa Alonso

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis profesores

A mis amigos

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Agustín y María Victoria por haberme permitido realizar mis estudios, formarme como persona y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

En segundo lugar, agradecer a todas las personas con las que paso mucho tiempo y siempre están conmigo, Manuel Ferrera, Andrés, Ismael, Juan, Curro, Juan Ángel, Francisco, Lourdes, Ana. En definitiva, a todos mis compañeros de clase por haber estado tan unidos, siempre disponibles para ayudar al que lo necesitaba.

En tercer lugar, agradecer a toda mi familia, con especial cariño a mi abuela, por todo el gran apoyo que me han brindado.

Gracias también a Mónica Pérez por estar todos los días ayudándome en todo, dándome un gran apoyo y saber que siempre estás ahí para todo.

Gracias a todos mis profesores por toda la formación y conocimiento proporcionado a lo largo de mi etapa de estudiante.

No se me olvida agradecer a mis compañeros de Everis el haberme permitido trabajar con ellos y enseñarme tanto en mis prácticas de empresa ¡Espero que podamos volver a trabajar juntos!

También agradecer a mis grandes compañeros de Hapkido que somos una gran familia.

Por último y no menos importante, agradecer al departamento de telemática por haber conseguido motivarme y querer trabajar en el mundo de la telemática. En especial, agradecer a mi tutor de proyecto, Rafael Estepa, por ayudarme y permitirme llevar a cabo este proyecto, así como motivarme en el mundo de la ciberseguridad. Gracias por su asesoramiento y corrección.

Agustín Walabonso Lara Romero

Sevilla, 2019

Resumen

El campo de la ciberseguridad es un campo que siempre está evolucionando. Esto hace que sea uno de los escenarios más complejos, pues los enfoques y paradigmas cambian continuamente.

Cada año se encuentran un gran número de vulnerabilidades nuevas en los diferentes sistemas, y es por ello por lo que constantemente se desarrollan técnicas y software que eliminan, bloquean o identifican estas vulnerabilidades.

El objetivo de este documento es la investigación y desarrollo de técnicas de detección de comportamientos anómalos en el tráfico de red, así como la realización de pruebas que permitan valorar el funcionamiento de los mismos.

Abstract

Cybersecurity is a constantly evolving field. That makes it particularly complex since its approaches and paradigms change frequently. Each year, a large number of new vulnerabilities across different systems is identified. To tackle these, new techniques and software are constantly being developed as to eliminate, block or identify these vulnerabilities. This document's objectives are to research on and develop techniques to identify anomalous behaviour in network traffic, as well as running performance tests allowing for the evaluation of their functioning.

Índice

Agradecimientos	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
Índice	XIV
Índice de Tablas	XVI
Índice de Figuras	XVIII
1 Introducción y objetivos	1
1.1 <i>Introducción</i>	1
1.2 <i>Motivación</i>	2
1.3 <i>Metodología de trabajo</i>	3
1.4 <i>Objetivos</i>	4
2 Estado del arte	7
2.1 <i>Vulnerabilidades en la red</i>	7
2.1.1 Man In The Middle	8
2.1.2 Denegación de servicios (DOS)	8
2.1.3 Ransomware	9
2.2 <i>Detección de anomalías en la red</i>	10
2.2.1 Redes neuronales	10
2.2.2 R&S®PACE 2	11
2.2.3 Firewall de nivel de aplicación	12
2.2.4 IDS/IPS	12
2.2.5 Análisis y conclusiones	14
3 Conceptos	17
3.1 <i>Generación de trazas de tráfico: IPFIX y Netflow.</i>	17
3.2 <i>Inspección profunda de paquetes: DPI</i>	18
3.2.1 Librerías para DPI: nDPI	19
3.2.2 Integración de nDPI con wireshark	20
3.3 <i>Herramienta para la recolección de trazas con nDPI: nProbe</i>	21
4 Sistema	23
4.1 <i>Aspectos generales del sistema</i>	23
4.2 <i>Fase 1: Obtención del tráfico</i>	24
4.3 <i>Fase 2: Exportación del tráfico en formato IPFIX</i>	24
4.4 <i>Fase 3: Procesamiento de IPFIX</i>	26
4.4.1 Lenguaje de programación y librerías	26
4.4.2 Diseño del sistema	27
4.4.3 Cálculo de los indicadores	31
4.5 <i>Fase 4: Base de datos</i>	33
4.5.1 Diseño de la base de datos	33
5 Pruebas y resultados	41
5.1 <i>Descripción de software usado para la realización de las pruebas</i>	41
5.2 <i>Pruebas realizadas</i>	41

5.2.1	Captación de los datos y exportación IPFIX	42
5.2.2	Preparación del archivo de configuración	43
5.2.3	Ejecución del script	44
5.2.4	Consultas tablas BBDD	45
5.2.5	Errores	46
5.2.6	Indicador Aplicaciones-Unknown	47
5.2.7	Indicador Puertos_destino	49
5.2.8	Indicador Puertos_origen	50
5.2.9	Indicador num_app	52
5.2.10	Indicador icmp_destino	53
5.2.11	Resumen de la fiabilidad del sistema	55
6	Conclusiones y líneas futuras	57
6.1	<i>Conclusiones</i>	57
6.2	<i>Líneas futuras</i>	58
Referencias		61
ANEXO A: Instalación del proyecto		63
ANEXO B: Estructura del proyecto		67
ANEXO D: Fichero de configuración		71
ANEXO D: Código script python		73

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Comparativa de diferentes DPI.</i>	15
<i>Tabla 2 Comparativa de los diferentes cortafuegos.</i>	16
<i>Tabla 3 Comparativa de diferentes IDS.</i>	16
<i>Tabla 4 Campos exportados con nProbe.</i>	25
<i>Tabla 5 Descripción de las opciones usadas en nProbe.</i>	25
<i>Tabla 6 Librerías utilizadas.</i>	26
<i>Tabla 7 Parámetros del fichero de configuración.</i>	29
<i>Tabla 8 Tratamiento de las direcciones IP del tráfico.</i>	29
<i>Tabla 9 Diferentes indicadores.</i>	30
<i>Tabla 10 Indicador de aplicaciones.</i>	35
<i>Tabla 11 Indicador de ICMP.</i>	36
<i>Tabla 12 Indicador Puertos destino.</i>	36
<i>Tabla 13 Indicador Puertos destino.</i>	37
<i>Tabla 14 Indicador relación de las diferentes ip.</i>	37
<i>Tabla 15 Número total de ip destinos.</i>	38
<i>Tabla 16 Número total de las diferentes aplicaciones.</i>	38
<i>Tabla 17 Tabla principal de indicadores.</i>	39
<i>Tabla 18 Logs.</i>	40
<i>Tabla 19 Máquina virtualizada con vmware.</i>	41
<i>Tabla 20 Resumen de los datos obtenidos por el sistema</i>	56
<i>Tabla 21 Fiabilidad de los indicadores</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1 Supervisión de matrices de tráficos ofrecidos en las redes.</i>	1
<i>Figura 1-2 Funcionamiento de Netflow</i>	2
<i>Figura 1-3 Ubicación en el modelo de capas OSI.</i>	3
<i>Figura 1-4 Panel de waffle.io</i>	3
<i>Figura 2-1 Definición de riesgo en los sistemas de información.[1]</i>	7
<i>Figura 2-2 Ataque Man In The Middle</i>	8
<i>Figura 2-3 Ataque de denegación de Servicios</i>	9
<i>Figura 2-4 Ramsonware</i>	10
<i>Figura 2-5 Modelo de red neuronal</i>	11
<i>Figura 2-6 Diferentes etapas de procesamiento de un paquete en la librería R&S®PACE 2 [9].</i>	11
<i>Figura 2-7 Concepto de Firewall de aplicación.</i>	12
<i>Figura 2-8 Arquitectura de IDS según la metodología.</i>	13
<i>Figura 2-9 Logo de Snort</i>	13
<i>Figura 2-10 Gráfico de las vulnerabilidades en los últimos 5 años.</i>	14
<i>Figura 2-11 Vulnerabilidades por tipo [16].</i>	15
<i>Figura 3-1 Información exportada a través de Netflow.[21]</i>	17
<i>Figura 3-2 Tráfico tunelado.</i>	18
<i>Figura 3-3 Identificación de patrones usando DPI.</i>	18
<i>Figura 3-4 Añadir protocolos en nDPI.</i>	19
<i>Figura 3-5 Ejemplo de algoritmo Aho-Corasick. [27]</i>	19
<i>Figura 3-6 Logo de wireshark.</i>	20
<i>Figura 3-7 Captura de paquetes con wireshark y nDPI.</i>	20
<i>Figura 3-8 certificados SSL.</i>	21
<i>Figura 3-9 Uso de nProbe.</i>	21

<i>Figura 4-1 Esquema general del sistema.</i>	23
<i>Figura 4-2 Ejemplo de exportación con nProbe.</i>	24
<i>Figura 4-3 Ejecución nProbe.</i>	25
<i>Figura 4-4 Logo de Python [34].</i>	26
<i>Figura 4-5 Diseño del sistema.</i>	27
<i>Figura 4-6 Media móvil.</i>	31
<i>Figura 4-7 Forma de media exponencial móvil.</i>	32
<i>Figura 4-8 Diagrama funcional de la base de datos.</i>	34
<i>Figura 4-9 Tablas que componen la base de datos.</i>	34
<i>Figura 5-1 Ejecución nprobe para la prueba.</i>	42
<i>Figura 5-2 Carpeta con los ficheros de flujos IP.</i>	43
<i>Figura 5-3 Configuración inicial.</i>	44
<i>Figura 5-4 Ejecución del sistema programado.</i>	44
<i>Figura 5-5 Indicadores temporales.</i>	45
<i>Figura 5-6 Consulta de tabla aplicaciones.</i>	45
<i>Figura 5-7 Consulta tabla estadísticos.</i>	46
<i>Figura 5-8 Segunda consulta a tabla estadísticos.</i>	46
<i>Figura 5-9 Ejecución del script con tráfico malicioso.</i>	46
<i>Figura 5-10 Consulta de logs.</i>	47
<i>Figura 5-11 Consulta en logs de nuevos indicadores.</i>	47
<i>Figura 5-12 Evolución temporal del indicador App-Unknown</i>	48
<i>Figura 5-13 Evolución temporal indicador App-Unknown EMA($\alpha = 0.1$)</i>	48
<i>Figura 5-14 Evolución temporal indicador App-Unknown EMA($\alpha = 0.3$)</i>	49
<i>Figura 5-15 Evolución temporal del indicador Puertos_destino</i>	49
<i>Figura 5-16 Evolución temporal indicador Puertos_destino EMA($\alpha = 0.1$)</i>	50
<i>Figura 5-17 Evolución temporal indicador Puertos_destino EMA($\alpha = 0.3$)</i>	50
<i>Figura 5-18 Evolución temporal del indicador Puertos_origen</i>	51
<i>Figura 5-19 Evolución temporal indicador Puertos_origen EMA($\alpha = 0.1$)</i>	51
<i>Figura 5-20 Evolución temporal indicador Puertos_origen EMA($\alpha = 0.3$)</i>	51
<i>Figura 5-21 Evolución temporal del indicador num_app</i>	52
<i>Figura 5-22 Evolución temporal indicador num_app EMA($\alpha = 0.1$)</i>	52
<i>Figura 5-23 Evolución temporal indicador num_app EMA($\alpha = 0.3$)</i>	53
<i>Figura 5-24 Evolución temporal del indicador Icmp_destino</i>	53
<i>Figura 5-25 Evolución temporal indicador Icmp_destino EMA($\alpha = 0.1$)</i>	54
<i>Figura 5-26 Evolución temporal indicador Icmp_destino EMA($\alpha = 0.3$)</i>	54
<i>Figura 5-27 Captura de tráfico de sondeo de la red con nmap</i>	55
<i>Figura A-0-1 instalación del proyecto.</i>	63
<i>Figura A-0-2 Error en la instalación.</i>	63
<i>Figura B-0-1 Carpeta tfg.</i>	67
<i>Figura B-0-2 Carpeta indicadores.</i>	67

<i>Figura B-0-3 Carpeta IP.</i>	68
<i>Figura B-0-4 Carpeta 1.1.1.1</i>	68
<i>Figura B-0-5 Carpeta indicador aplicaciones.</i>	69

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Creo que los virus informáticos deberían contar como vida. Creo que dice bastante sobre nosotros el hecho de que la única forma de vida que hemos logrado crear sea puramente destructiva. Hemos creado vida basada en nuestra imagen.

- Stephen Hawking-

1.1 Introducción

En una red se realizan múltiples conexiones y son en estas dónde podemos detectar diferentes intrusiones o softwares anómalos. Es por ello por lo que se realizan técnicas de tratamientos matriciales del tráfico. Dichas técnicas ofrecen la posibilidad de realizar estudios matemáticos con el fin de poder detectar anomalías en la información cursante de las redes.

El gran número de vulnerabilidades existentes en las diferentes redes justifica la necesidad de un desarrollo continuo de sistemas capaces de llevar a cabo trabajos de detección de las mismas.

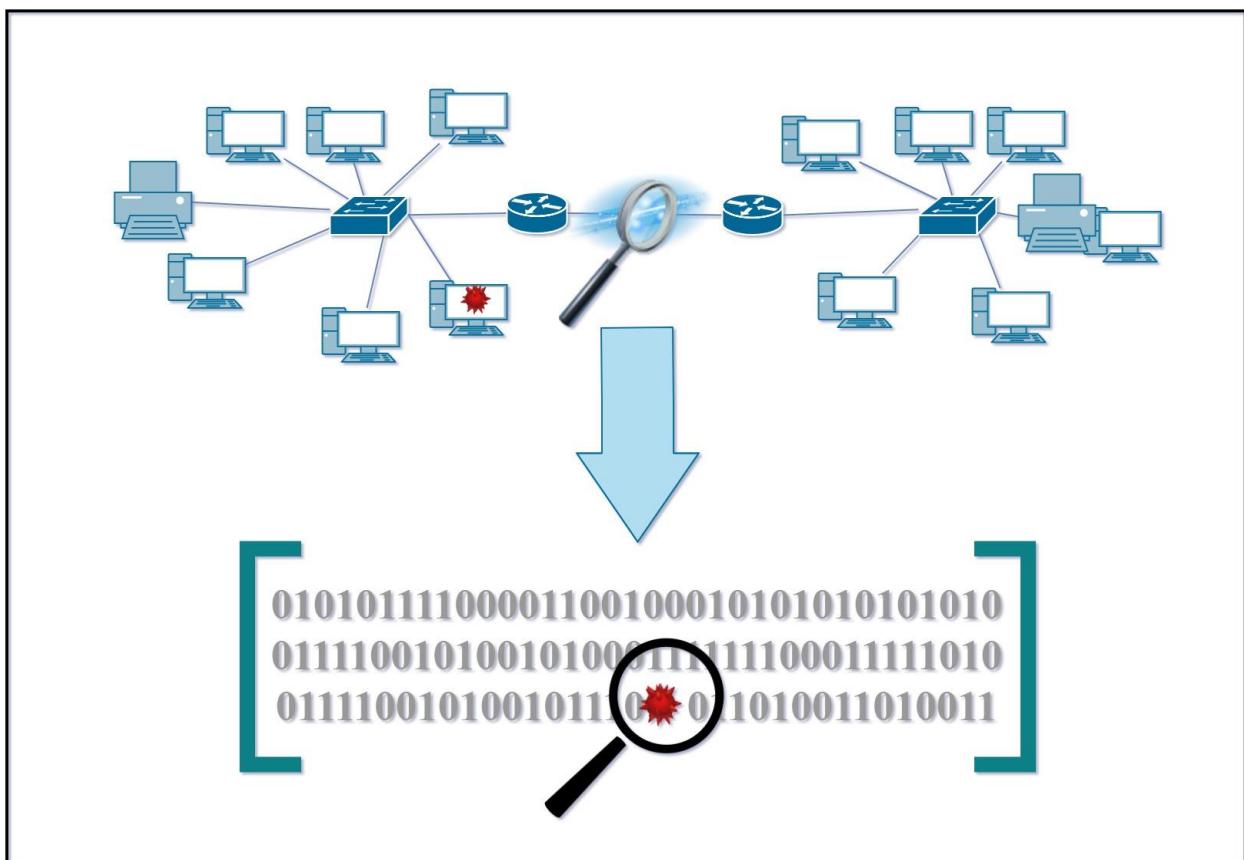


Figura 1-1 Supervisión de matrices de tráficos ofrecidos en las redes.

Un usuario que hace uso de dispositivos conectados a la red realiza una serie de acciones cotidianas que

pueden ser clasificadas y guardadas como patrones de comportamiento. Sobre estos, pueden llevarse a cabo estudios y toma de decisiones para comprobar la existencia de anomalías.

Las técnicas de detección de anomalías se basan en la clasificación y estudio de patrones. Cuando se identifica un patrón que contiene valores que difieren de su modelo, el sistema lo detectará como anómalo, por lo que, a posteriori, se realizará un trabajo de supervisión para comprobar si es un falso positivo o, si por lo contrario, se trata realmente de la detección de una anomalía.

Cabe destacar que estos sistemas siempre suelen alertar de falsos positivos, por lo que es muy importante llevar a cabo un buen estudio previo sobre las condiciones de trabajo y así poder configurar e implantar un modelo acorde, tanto a las necesidades como a la escalabilidad y al entorno sobre el que se desea operar.

En una red de datos existe un intercambio continuo de flujos. Por ello, en el presente trabajo se exponen modelos estadísticos, así como la clasificación del flujo para la posterior localización de anomalías.

1.2 Motivación

Para la detección de anomalías es necesaria la manipulación de una inmensa cantidad de información, de modo que para su procesamiento es necesario el uso de modelos estadísticos adecuados.

Resulta imprescindible realizar un estudio profundo de los paquetes que viajan por la red, pues esto permite obtener una información útil y su estudio posibilitará definir los comportamientos habituales de los usuarios.

En la actualidad existen diferentes colectores que recogen la información que viaja por la red. En particular hablaremos de NetFlow, un protocolo de red diseñado para recolectar la información sobre tráfico IP, la cual hace posible la monitorización de las redes.

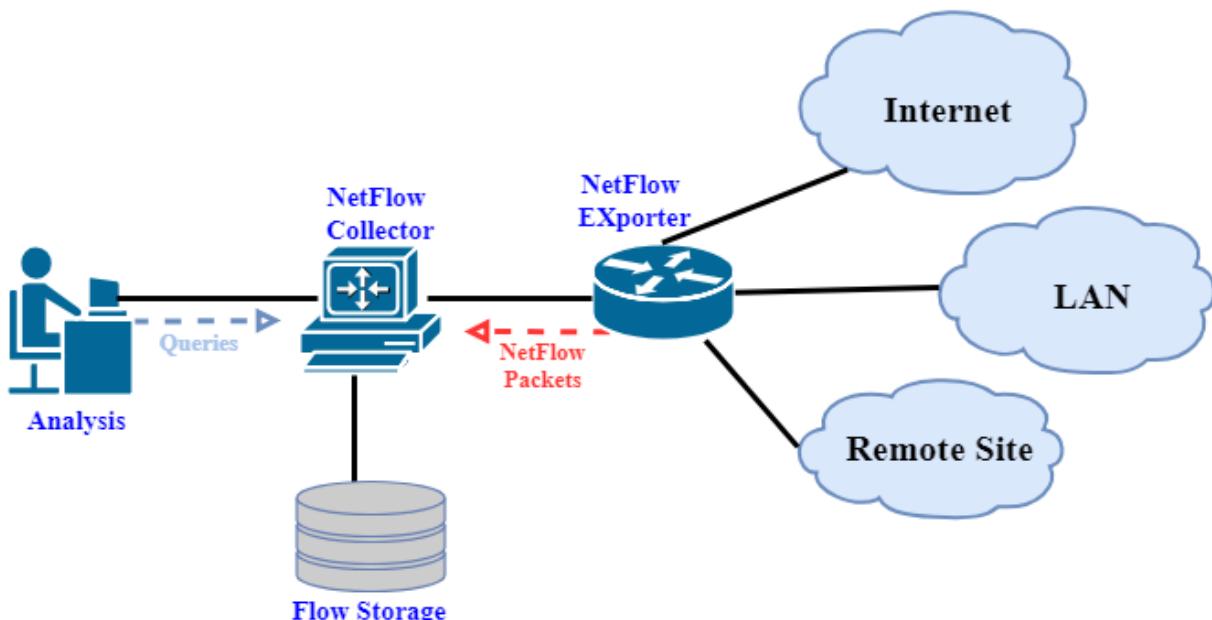


Figura 1-2 Funcionamiento de Netflow

Debido a las vulnerabilidades existentes en la red, gran parte del tráfico cursado se encuentra cifrado. Por ejemplo, un usuario hace uso de una aplicación web que utiliza el protocolo HTTPS (protocolo seguro de transferencia de hipertexto). Este es un protocolo de transferencia de datos de forma segura, es decir, el contenido que transporta se cifra y esto permite que si un atacante consiguiera hacerse con estos datos, dicho atacante, a priori, no podría interpretar la información substraída.



Figura 1-3 Ubicación en el modelo de capas OSI.

Debido a que el tráfico se transporta de forma cifrada resulta interesante realizar una inspección profunda de paquetes, para así poder identificar la aplicación que se encuentra detrás del tráfico cifrado.

1.3 Metodología de trabajo

Para el desarrollo del presente trabajo se ha llevado a cabo la metodología de trabajo Scrum. En esta se recoge un conjunto de buenas prácticas para trabajar y llevar a cabo la realización de un proyecto.

Esta metodología de trabajo se basa en la división del proyecto en una lista de pequeñas tareas ordenadas por prioridad y puntos de esfuerzos. Estas tareas pasan por distintas etapas hasta la finalización de las mismas.

También se ha optado por el uso de GitHub como repositorio del proyecto. Esto hace posible que se pueda llevar un buen control de versiones y cambios en el software desarrollado.

A través del siguiente enlace se puede acceder todo el trabajo subido en GitHub
<https://github.com/agularrom/TFG>

Para poder unificar GitHub y la metodología de trabajo se ha decidido trabajar con waffle. Se trata de una herramienta de uso libre que permite la planificación de un proyecto así como la sincronización del mismo en GitHub.

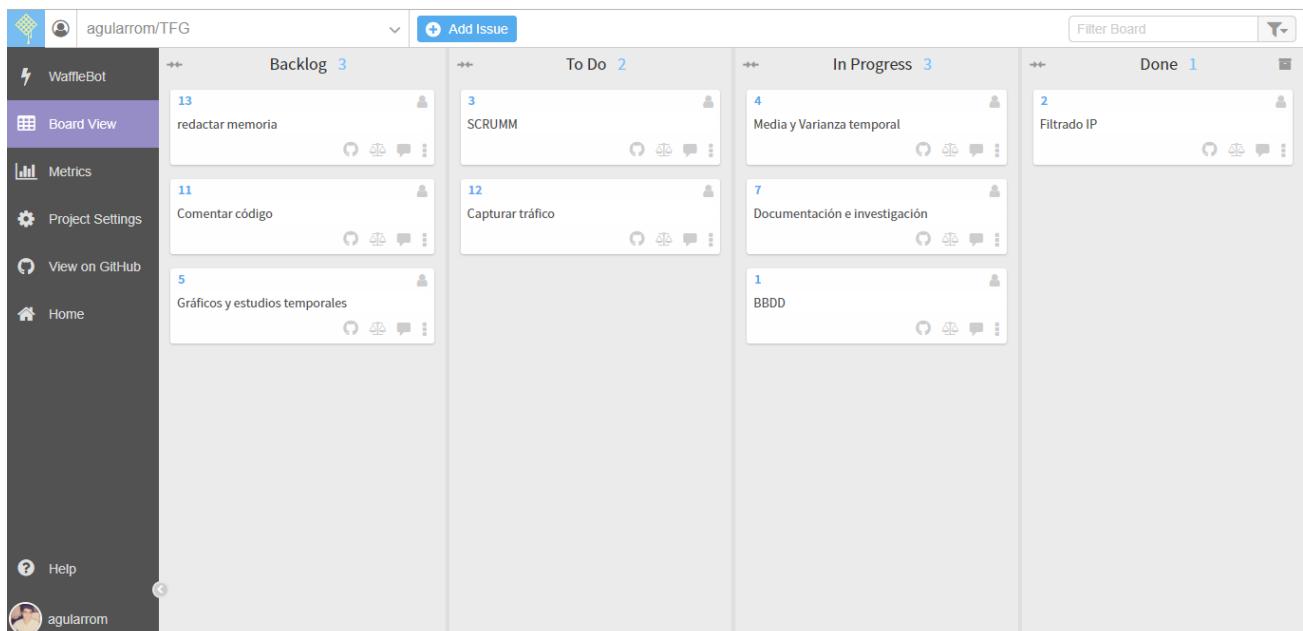


Figura 1-4 Panel de waffle.io

1.4 Objetivos

El enfoque de este trabajo consiste en el desarrollo de un sistema autónomo basado en la investigación estadística para solventar los problemas de detecciones de anomalías en redes de datos.

Los objetivos específicos de este proyecto se categorizan en el siguiente orden:

- Análisis de las diferentes tecnologías similares existentes.
- Análisis de librerías de software libre que realicen inspección profunda de paquetes de red y permitan identificar aplicaciones en el flujo de red.
- Análisis de los diferentes recolectores de flujo de red.
- Análisis de modelos estadísticos para la clasificación y toma de decisiones.
- Pruebas y funcionamiento de librerías.
- Desarrollo de un sistema real y escalable que pueda ser usado como método de defensa, así como la posibilidad de poder ser implantado en cualquier lugar.
- Búsqueda y generación de dataset para ser usado como entrada al modelo.
- Planteamiento de un escenario real.
- Instalación y configuración del escenario.
- Pruebas experimentales.
- Análisis y validación de los datos obtenidos.
- Conclusiones y posibles líneas de mejora.

2 ESTADO DEL ARTE

Una vez un ordenador me venció jugando al ajedrez, pero no
me opusó resistencia cuando pasamos al kick boxing

- Emo Philips -

Este capítulo recoge el estudio de diferentes detectores de anomalías en tráfico de red, así como una introducción de las vulnerabilidades existentes en las redes. Para finalizar, se recoge una conclusión sobre las distintas tecnologías mencionadas y la dirección que llevan.

2.1 Vulnerabilidades en la red

Un error muy común es el de confundir vulnerabilidad con amenaza. Una vulnerabilidad se define como el fallo en un sistema de información. Dicho fallo compromete la integridad del sistema. Mientras que por otro lado, una amenaza es aquella que aprovecha una vulnerabilidad para acceder a un sistema de información con fines maléficos.[1]

Según el Instituto de Ciberseguridad de España, el riesgo en un sistema de información se encuentra en la intersección de la existencia de una vulnerabilidad, una amenaza y el propio sistema.



Figura 2-1 Definición de riesgo en los sistemas de información.[1]

En la red hay múltiples vulnerabilidades ya sea inalámbrica o cableada. A continuación se explican diferentes

ataques posibles que pueden ser llevados a cabo a través de una persona o empresa con fines maléficos.

2.1.1 Man In The Middle

Este ataque (hombre en el medio) es una técnica que permite situar al equipo atacante en medio de la comunicación del equipo de la víctima y el router. Esto posibilita que el atacante substraiga información de la víctima. Este tipo de ataque resulta muy eficaz cuando la información que se transmite no se encuentra cifrada, puesto que, en caso contrario, el atacante tendría que realizar técnicas de desencriptado para que la información substraída pueda ser legible. [2]

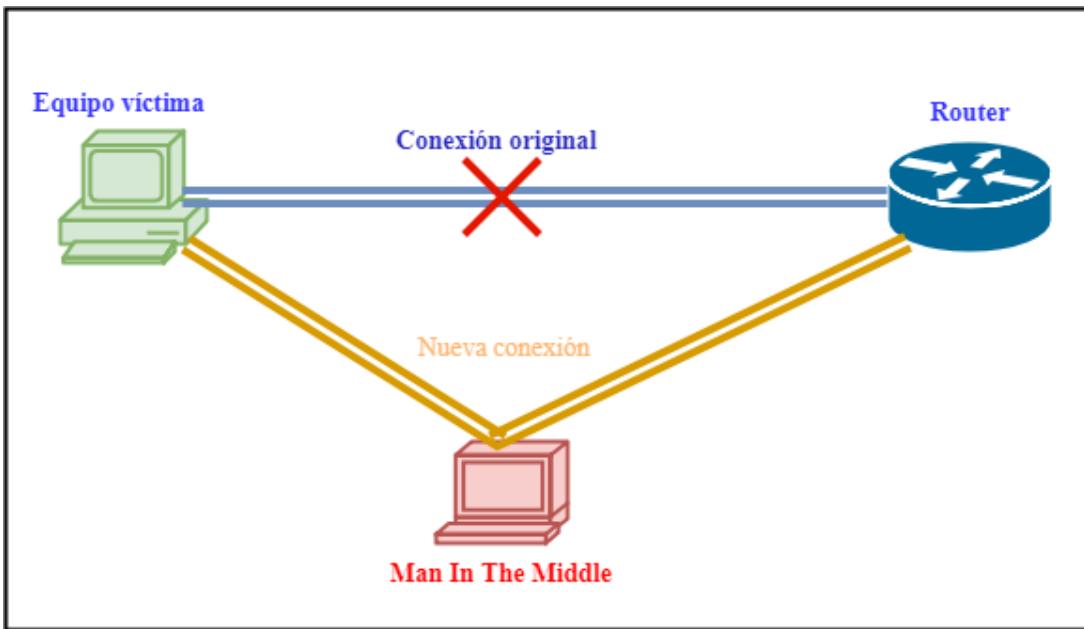


Figura 2-2 Ataque Man In The Middle

2.1.2 Denegación de servicios (DOS)

Este ataque es uno de los más conocidos y extendidos. Básicamente consiste en dejar inaccesible para los usuarios un servicio o recurso durante un cierto tiempo.

Suele ser usado como distracción para los administradores de la red, lo que permite realizar otro ataque más potente y con un claro objetivo.

Cabe destacar que el 80% de las veces que se realiza este ataque resulta ser desde el interior de la red [3].

Un DOS típico es la de dejar sin recursos a un servidor inundándolo de peticiones falsas con el fin de dejar inaccesible el servicio que ofrece.

Para conseguir que este ataque sea muy eficaz los atacantes suelen infectar una red de ordenadores para poder realizar un DOS masivo.

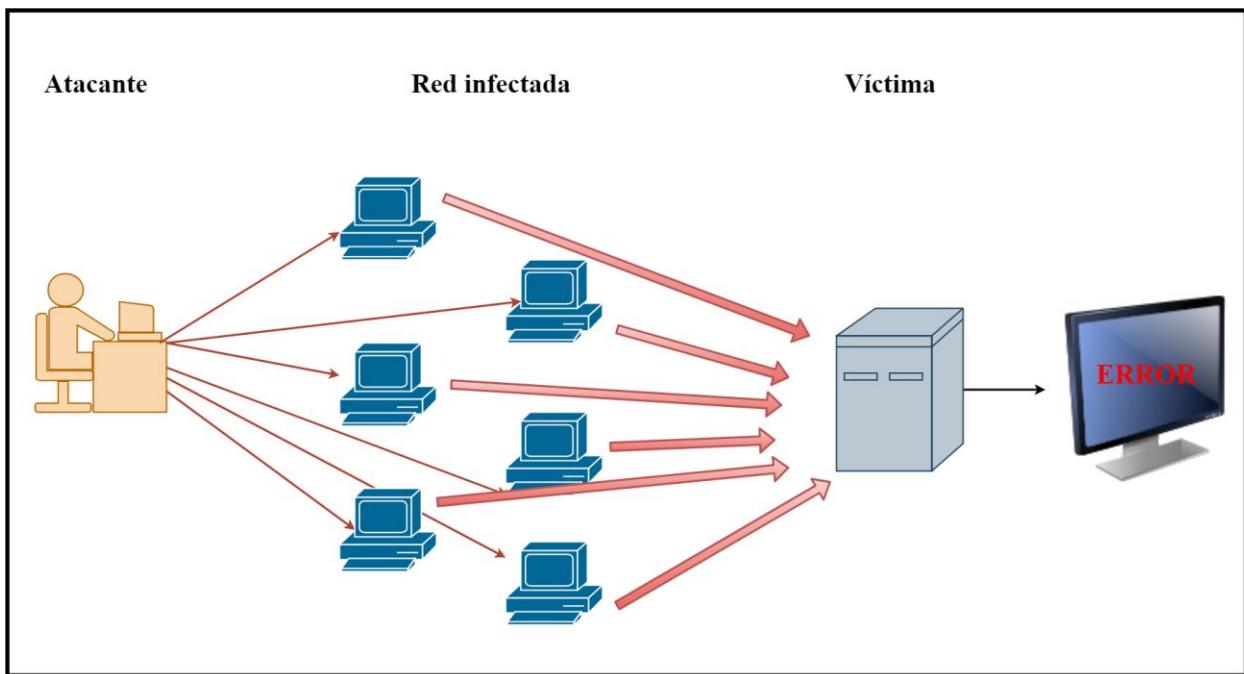


Figura 2-3 Ataque de denegación de Servicios

2.1.3 Ransomware

Se clasifica este ataque como un malware capaz de acceder a documentos de la víctima con el fin de impedir el acceso a los mismos. El objetivo de este ataque es el de pedir un rescate por la recuperación de los documentos.

Una de las propiedades que tiene es la facilidad de propagación. De hecho, uno de los medios utilizados más habituales es el envío de correos maliciosos. [4]

El rescate siempre se exige en bitcoins, ya que es una criptomonedra que dificulta seguir el rastro de la transacción llevada a cabo.

Para que el ataque sea efectivo los hackers realizan mucha ingeniería social para aprovechar las brechas de seguridad.

A continuación se citan algunas de las diferentes técnicas realizadas para conseguir infectar con el malware Ransomware:

- Obtención de cuentas con privilegios de administrador.
- Envío de spam.
- Suplantación de identidad para descargar un archivo infectado.



Figura 2-4 Ramsonware

2.2 Detección de anomalías en la red

Actualmente existen numerosas aplicaciones, librerías y técnicas para lograr detectar anomalías en el tráfico circulante. Para llevar a cabo esta tarea es muy importante realizar modelos estadísticos de tráfico limpio, ya que un modelo incorrecto implica errores en la detección, pudiendo causar un alto número de falsos positivos o incluso la no detección de positivos. [5]

2.2.1 Redes neuronales

Los sistemas inteligentes cada vez sirven más de ayuda para dar solución a problemas cotidianos en todos los campos. Por ejemplo, en el mundo de la ciberseguridad son muy importantes para la detección de anomalías. Actualmente, existen trabajos que hacen uso de redes neuronales para la predicción del tráfico [6], [7]. Esto se consigue a través del entrenamiento de un modelo neuronal del tráfico circulante en una red.

Estos sistemas están formados por neuronas divididas en tres capas [8]:

- Una primera capa de entrada que introduce los patrones al sistema.
- Una segunda capa denominada como ‘capas ocultas’ que son formadas por neuronas interconectadas entre sí formando multicapas.
- Por último, una tercera capa constituida por los valores de salidas del sistema.

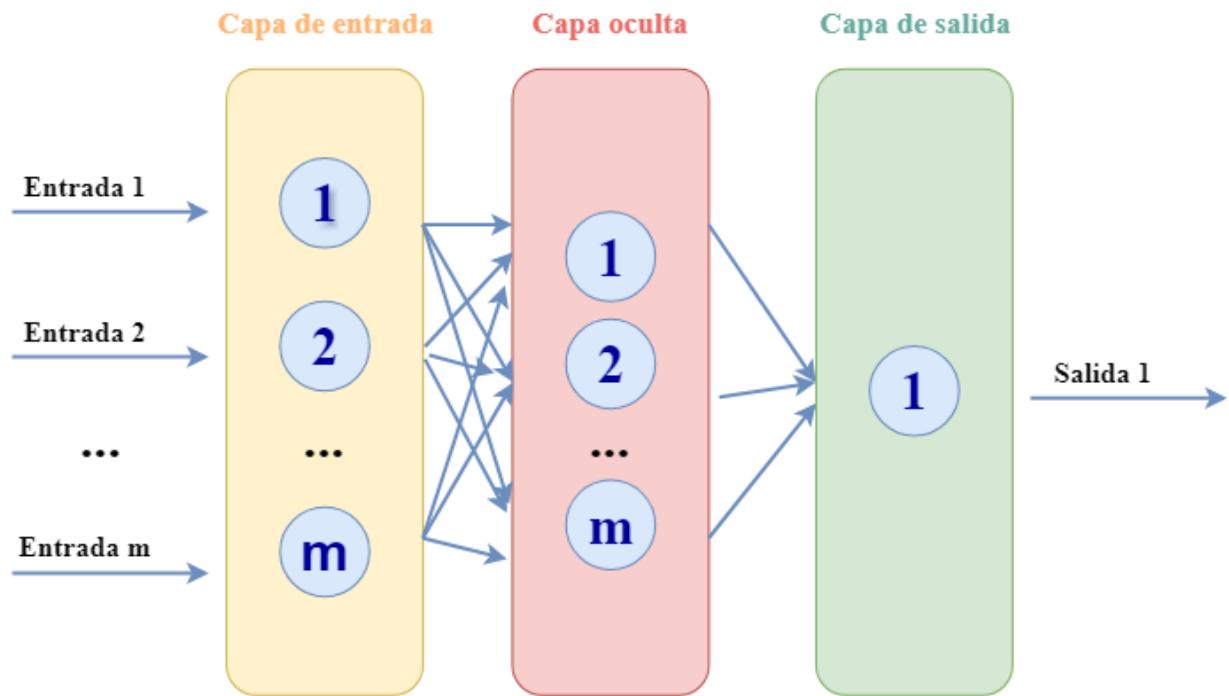


Figura 2-5 Modelo de red neuronal

2.2.2 R&S®PACE 2

PACE es una librería software capaz de detectar múltiples aplicaciones y protocolos de red haciendo uso de diferentes técnicas de detección: [9]

- Inspección profunda de paquetes.
- Análisis de comportamiento heurístico y estadístico.

Esta librería es capaz de detectar aplicaciones y extraer metadatos de tráfico cifrado. Para conseguir todo esto, el software realiza los siguientes pasos:

1. Preparación de los paquetes.
2. Reordenación de los paquetes.
3. Clasificación de paquetes.
4. Decodificación.
5. Tiempo de espera de manejo.

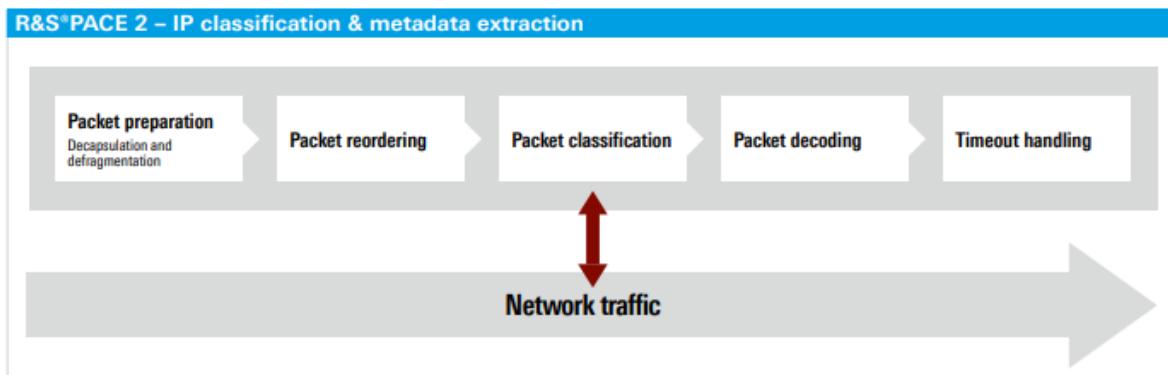


Figura 2-6 Diferentes etapas de procesamiento de un paquete en la librería R&S®PACE 2 [9].

Gracias al uso de diferentes técnicas de detección, esta librería consigue minimizar falsos positivos y negativos en la detección. Después de las pruebas realizadas por parte de la empresa del software, la marca afirma la identificación del 95% del tráfico circulante en la red. [9]

2.2.3 Firewall de nivel de aplicación

Los firewall han evolucionado mucho en los últimos años y ya son capaces de actuar en la capa de aplicación del modelo OSI. Este tipo de firewall evalúa la capa de aplicación en los paquetes antes de permitir una conexión. También lleva a cabo un seguimiento de las conexiones así como de la secuencia, lo que permite conseguir un buen control de las conexiones e imponer un impedimento a las aplicaciones no deseadas.

Estos tipos de cortafuegos son conocidos como Proxy Firewall, ya que son capaces de examinar y evaluar contraseñas, así como solicitudes de servicios que se encuentran en los datos de la capa de aplicación. Aplican, por ejemplo, reglas de segmentación en protocolos tales como HTTP, FTP, Telnet, etc.

También existe una variante de estos cortafuegos, denominados firewall DPI. Estos son los más sofisticados y pueden llegar a filtrar tipos de archivos específicos como XML o SOAP.[10]

Aunque un firewall de aplicación proporciona bastante seguridad frente a un firewall clásico de filtrado de paquetes, este primero es más lento debido a que el procesamiento de los datos en el nivel de aplicación resulta más costoso. Esto provoca una escasa escalabilidad. [11]

ConfigServer Security Firewall (CSF) sería un ejemplo de firewall de nivel de aplicación.

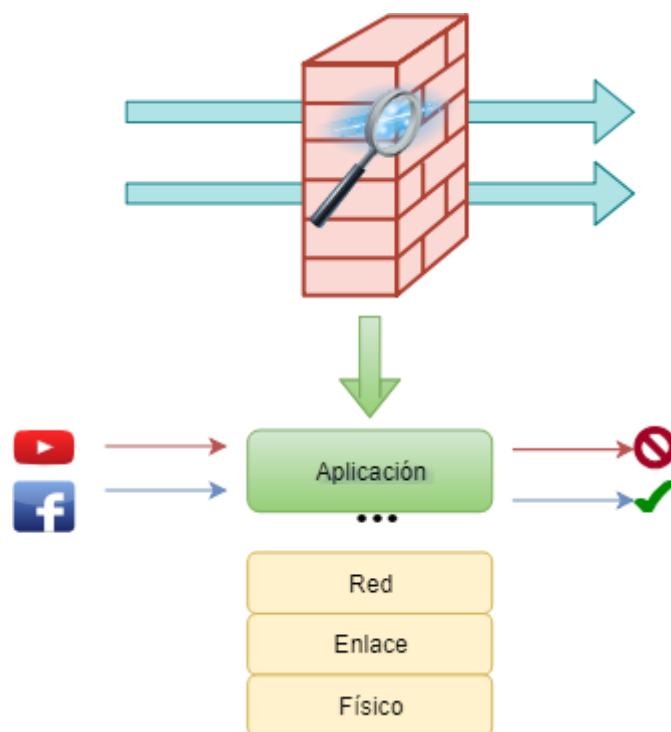


Figura 2-7 Concepto de Firewall de aplicación.

2.2.4 IDS/IPS

La mayoría de las empresas u organizaciones desean prevenir intrusiones en su red. Los cortafuegos evitan ataques con procedencia del exterior, pero cada vez son más frecuentes los ataques desde el interior de la red. Es por ello por lo que es tan importante la implantación de un sistema de detección de intrusos (IDS). Así como un sistema de prevención de intrusos (IPS) que una vez detecta y aprende un ataque, lo bloquea y

genera documentación del mismo.

Los IDS detectan ataques aplicando diferentes metodologías [12], [13]:

- Basado en firmas:
 - Realizan comparaciones de ataques con una base de datos de reglas o firmas.
 - Posee limitaciones a la hora de la detección de nuevos ataques.
 - Generación de logs.
- Basado en anomalías:
 - Emplea un algoritmo de aprendizaje.
 - Posibilidad de detectar nuevos ataques con una probabilidad de acierto.
 - Generación de logs.

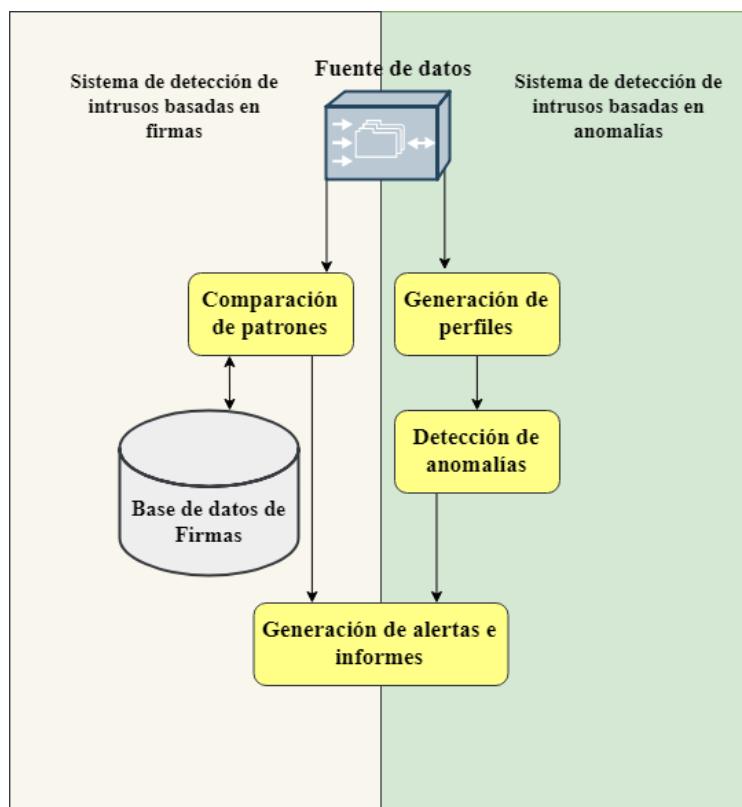


Figura 2-8 Arquitectura de IDS según la metodología.

Snort es un ejemplo claro de IDS que podemos encontrar en la actualidad. Tiene un motor de búsqueda y su metodología está basada en el análisis de firmas. Inspecciona el tráfico de red y permite la generación de alarmas. [14]



Figura 2-9 Logo de Snort

Snort funciona bajo licencia GPL, es decir, se trata de un software libre. Tiene la característica de ser

multiplataforma, puesto que es posible ser ejecutado en Windows y UNIX/Linux. Asimismo, Snort lleva por defecto tanto reglas como patrones de vulnerabilidades y ataques ya conocidos e identificados.

2.2.5 Análisis y conclusiones

Según los datos obtenidos por CVE Details [15] podemos observar un aumento de las vulnerabilidades encontradas en los últimos 5 años. Resulta interesante observar el gran aumento de vulnerabilidades que tuvo lugar en el año 2017 respecto al año anterior.

Cabe señalar que, a pesar de que han disminuido las vulnerabilidades en el año actual (2018) respecto al año anterior, es cierto que aún siguen existiendo bastantes. Esto se debe a que, actualmente, existe un gran número de dispositivos y tecnologías en el mercado, los cuales amplían el abanico de opciones para la localización y clasificación de nuevas vulnerabilidades.

Cabe señalar que a pesar de una pequeña minoría de vulnerabilidades en el año actual a la redacción del presente documento (2018) respecto al año 2017, aún siguen existiendo bastantes. Esto se debe al gran aumento de los diferentes dispositivos y tecnologías existentes en el mercado actual, los cuales hacen que sea de mayor envergadura el abanico de opciones para la localización y clasificación de nuevas vulnerabilidades.

Tras analizar estos datos, resulta evidente el hecho de que es necesaria la investigación y el desarrollo de nuevos sistemas que consigan mitigar dichas brechas de seguridad. Por ello, existe un gran número de organizaciones en los diferentes sectores, tanto públicos como privados, que trabajan e investigan para conseguir desarrollar nuevas técnicas para la detección y mitigación de las nuevas vulnerabilidades.

En el siguiente gráfico se muestra una evolución temporal de las vulnerabilidades en los últimos 5 años.

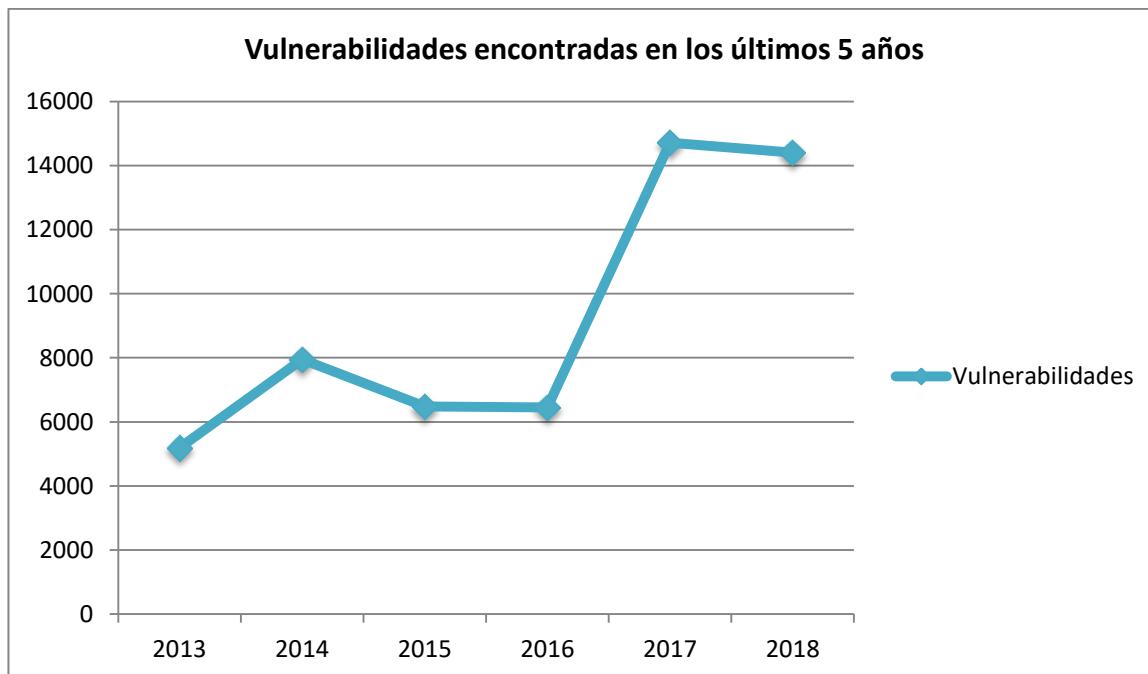


Figura 2-10 Gráfico de las vulnerabilidades en los últimos 5 años.

Según CVE Details [16] existen 13 tipos de vulnerabilidades, de las cuales las más comunes son las de denegaciones de servicios y la ejecución de código malicioso.

Debido a la gran variedad de vulnerabilidades, es muy importante el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de detectar aplicaciones y datos no deseados.

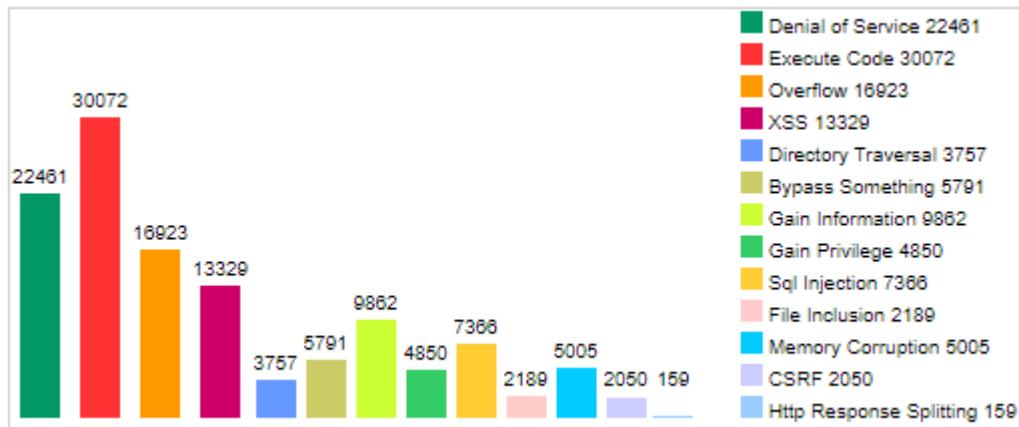


Figura 2-11 Vulnerabilidades por tipo [16].

Después de la documentación y análisis de diferentes librerías de software para la detección de aplicaciones en tráfico de red, consideramos que nDPI puede ser la mejor opción. Existe un artículo [17] donde se discuten las diferentes librerías existentes y se puede observar como nDPI resulta ser la mejor, puesto que es una librería de software libre y, aunque a priori no es la librería que más aplicaciones puede detectar, se puede configurar como se desee para poder identificar protocolos y aplicaciones nuevas.

Existe una librería comercial llamada PACE que detecta numerosas aplicaciones. Tanto nDPI como PACE se basan en una antigua librería llamada OpenDPI.

Es cierto que en sus orígenes nDPI daba numerosos falsos positivos, pero tanto en las actualizaciones como en el desarrollo de nuevas versiones este problema ha sido mejorado considerablemente.

A continuación se puede observar una comparativa de las librerías más famosas usadas en la actualidad.

Nombre	Versión	Aplicaciones	Software Libre
PACE	2	2800	NO
nDPI	2.4	185	SI
L7-Filter [18]	(May 2009)	110	SI
NBAR2 [19]	(Jun 2013)	~1000	NO

Tabla 1 Comparativa de diferentes DPI.

Como se ha mencionado anteriormente, los cortafuegos han sufrido un gran cambio en los últimos años. Por ello, resulta muy interesante realizar un análisis y comparativa de los diferentes enfoques que puede tener un firewall.

En la tabla que aparece a continuación se puede observar una comparativa de los mismos.

Funcionalidad	Firewall clásico	Firewall stateful	Firewall Aplicación	Firewall DPI
Reglas básicas	SI	SI	SI	SI

Reglas con relación entre paquetes	NO	SI	SI	SI
Reglas de aplicación	NO	NO	SI	SI
Eventos y logs	SI	SI	SI	SI

Tabla 2 Comparativa de los diferentes cortafuegos.

Para finalizar, se ha llevado a cabo un estudio de dos softwares muy usados en la actualidad para la implementación de sistemas de detección de intrusos (IDS). Cabe destacar que ambos poseen características muy similares.

Tanto Snort como Suricata pueden usarse como sistemas de prevención de intrusos (IPS) para poder bloquear ataques en tiempo real.

A continuación se muestra una comparativa de los softwares mencionados.

Nombre	Enfoque	Software libre	Registro de eventos	Detección de aplicaciones	Versión	Multihilo
Snort	Basado en firmas	SI	SI	SI	2.9.12	NO
Suricata	Basado en firmas	SI	SI	SI	4.0.5	SI

Tabla 3 Comparativa de diferentes IDS.

3 CONCEPTOS

You see, wire telegraph is a kind of a very, very long cat. You pull his tail in New York and his head is meowing in Los Angeles. Do you understand this? And radio operates exactly the same way: you send signals here, they receive them there. The only difference is that there is no cat.

- Albert Einstein -

En la investigación llevada a cabo se han visto involucradas diferentes tecnologías y mecanismos. Es por ello que en este capítulo se tratan los conceptos y metodologías empleadas para el desarrollo del proyecto.

3.1 Generación de trazas de tráfico: IPFIX y Netflow.

IPFIX proviene de las siglas en inglés *IP Flow Information Export* [20], el cual define un mecanismo estándar de exportación de datos sobre el flujo de red, tanto en comutadores como en routers.

Se puede definir como flujo de red un conjunto de paquetes IP pertenecientes a una misma conexión.

La compañía CISCO Systems desarrolló en 1996 una tecnología con el fin de mejorar el encaminamiento de los routers. Esta tecnología denominada Netflow se basa en la identificación de los flujos establecidos entre distintos dispositivos para así poder agilizar el encaminamiento de paquetes IP. [21]

Un flujo de datos se caracteriza por la combinación de diversos atributos en un intervalo de tiempo. Estos últimos suelen ser direcciones, puertos, protocolo identificado, servicio, así como la interfaz de entrada.

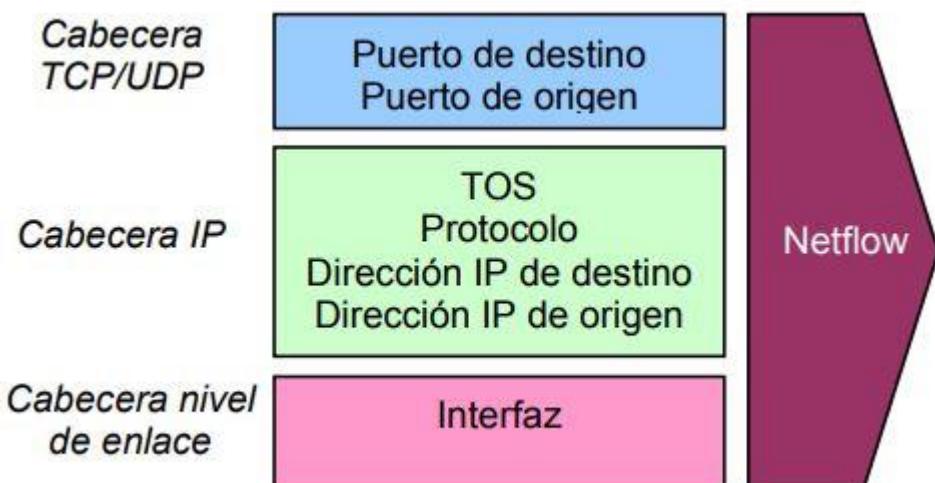


Figura 3-1 Información exportada a través de Netflow.[21]

Cuando un router identifica un nuevo flujo, Netflow lo guarda junto a la interfaz de salida asociada al flujo. Esto hace que no sea necesario realizar consultas de encaminamiento para paquetes posteriores correspondientes al flujo, y que se consiga disminuir el coste computacional que implican las consultas a las tablas de encaminamiento.

Una gran ventaja que provee esta característica es la posibilidad de realizar mediciones y caracterizaciones del tráfico cursante en tiempo real.

Netflow es usado comúnmente para realizar análisis de la calidad del servicio a través de definiciones de métricas.

3.2 Inspección profunda de paquetes: DPI

Las primeras técnicas usadas para la identificación y clasificación de flujos de red estaban basadas, en su mayoría, en el uso de puertos conocidos.[22] Es decir, se analizaban los encabezados de los paquetes para identificar un servicio en base al puerto. Por ejemplo, si llegaba tráfico asociado al puerto 80, dicho tráfico sería clasificado e identificado como HTTP. Este comportamiento presenta debilidades debido a que es impreciso. El tráfico cursante podría ir tunelado [23] consiguiendo así evitar reglas de un firewall.



Figura 3-2 Tráfico tunelado.

Según un artículo [22], menos del 30% del tráfico es clasificado correctamente haciendo uso de la identificación basada en puertos. Debido a esto, los sistemas han reemplazado la metodología basada en puertos por la inspección profunda de paquetes, consiguiendo así una gran mejora de la precisión.

DPI consigue analizar la carga útil de un paquete y encontrar patrones que se identifiquen con un servicio.

Cabe destacar, que este tratamiento puede llegar a ser muy costoso, por lo que los patrones son identificados por expresiones regulares, ya que así se consigue disminuir el coste computacional.

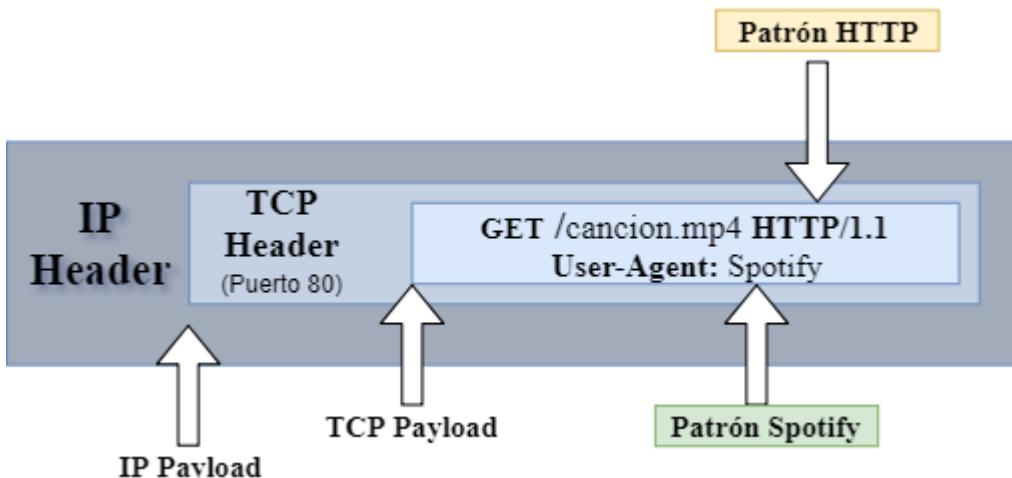


Figura 3-3 Identificación de patrones usando DPI.

Con este tratamiento los ISP [24] pueden proporcionar calidad de servicio a una aplicación en concreto, o realizar cobros según el servicio que se esté utilizando.

3.2.1 Librerías para DPI: nDPI

Como ya se mencionó anteriormente, nDPI es una librería capaz de realizar inspección profunda de paquetes, programada en **lenguaje C**.

Esta librería es multiplataforma, puesto que puede ser usada tanto en UNIX como en Windows.

Aunque por defecto es capaz de detectar numerosas aplicaciones, es muy fácil añadir nuevos servicios que no se puedan identificar a priori.

Consultando el manual [25] podemos observar un ejemplo de cómo añadir nuevos protocolos para que sean identificados en el flujo de red.

```
# Subprotocols
# Format:
# host:<value>,host:<value>,.....@<subproto>
host:"googlesyndication.com"@Google
host:"venere.com"@Veneer
```

Figura 3-4 Añadir protocolos en nDPI.

Debido a que actualmente la mayoría de las conexiones se encuentran cifradas, nDPI contiene un decodificador SSL [26], el cual es capaz de extraer el nombre del host del certificado perteneciente al servidor. Esta información se añade a los metadatos del flujo de red, consiguiendo así ser identificado.

La librería nDPI implementa el algoritmo de **Aho-Corasick** para encontrar patrones dentro de un texto con el fin de ser eficiente a la hora de analizar la carga útil de los paquetes circulantes en la red.

Este algoritmo implementa un autómata similar a una estructura de datos de tipo árbol. A continuación se muestra un ejemplo del algoritmo cuando los patrones son: {**a, ab, bc, bca, c, caa**}

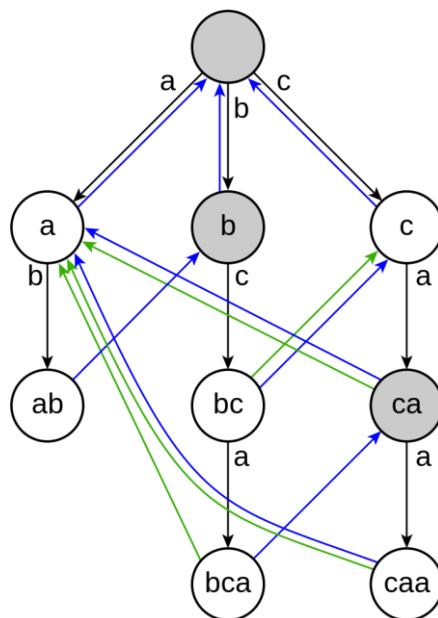


Figura 3-5 Ejemplo de algoritmo Aho-Corasick. [27]

La característica más interesante que posee este algoritmo es la capacidad de poder buscar patrones de forma simultánea.

Esta implementación es usada frecuentemente en el mundo de la ciberseguridad, para las bases de datos de virus, por ejemplo.

3.2.2 Integración de nDPI con wireshark

Wireshark es un software usado para analizar protocolos y pasos de mensajes. Esta aplicación permite capturar todos los paquetes de una red con el fin de poder identificar problemas de configuración en las redes de comunicación.



Figura 3-6 Logo de wireshark.

Esta aplicación ha tenido gran importancia en el estudio realizado, puesto que ha sido utilizada para capturar el tráfico que será usado como entrada al sistema desarrollado.

Wireshark posee la posibilidad de ser integrada junto con la librería nDPI en los sistemas UNIX. Esta nueva funcionalidad fue presentada en el SharkFest de 2017 [28]. Y permite la identificación de las aplicaciones en los paquetes capturados.

Para hacer esto posible, es necesario descargar de github los ficheros **ndpiReader.c** junto a **ndpi.lua**.

A continuación se muestra un ejemplo donde se ha capturado tráfico de **Google** y se puede comprobar cómo se ha añadido la información en el campo protocolo. Además, también se puede realizar filtros para mostrar sólo cierta aplicación. Un ejemplo sería: **ndpi.protocol.name == HTTP.Google**

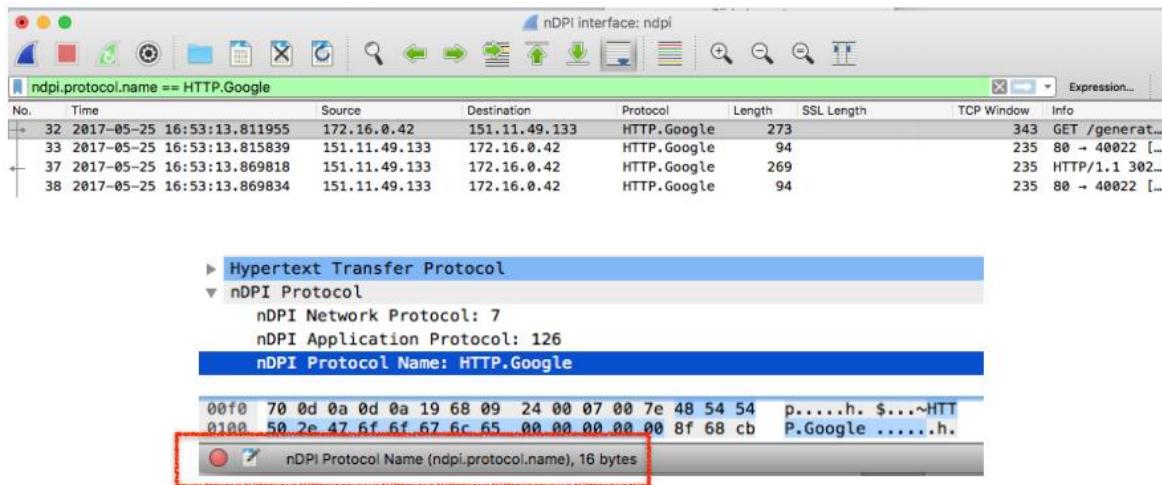


Figura 3-7 Captura de paquetes con wireshark y nDPI.

Una de las ventajas de poder capturar identificando las aplicaciones, es la de poder capturar sólo los paquetes de ciertas aplicaciones. Esto permite una mejora en la capacidad de respuesta de wireshark reduciendo el uso de recursos.

Este plugin también posibilita el llevar a cabo un seguimiento de los certificados del servidor, así como el conteo de números de conexiones SSL por certificado.

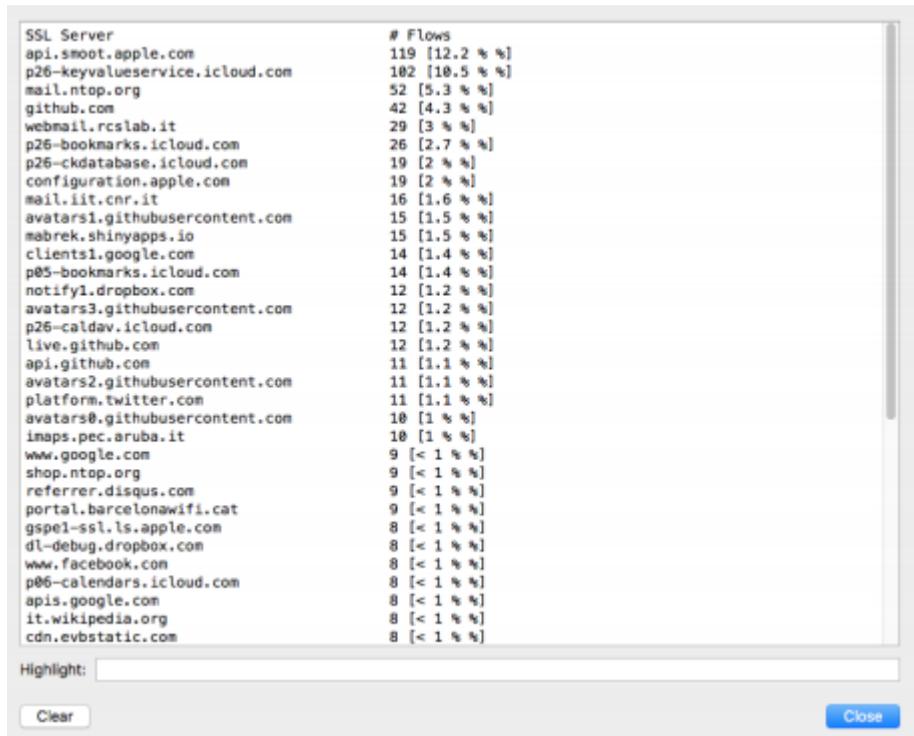


Figura 3-8 certificados SSL.

3.3 Herramienta para la recolección de trazas con nDPI: nProbe

nProbe es una sonda NetFlow v5/v9 IPFIX que recopila, analiza y exporta información del tráfico de red. Este software posee muchas funcionalidades, pero en el estudio llevado a cabo se ha usado para poder exportar los flujos del tráfico capturado en formato IPFIX. Se puede encontrar una gran información sobre este software en el manual [29].

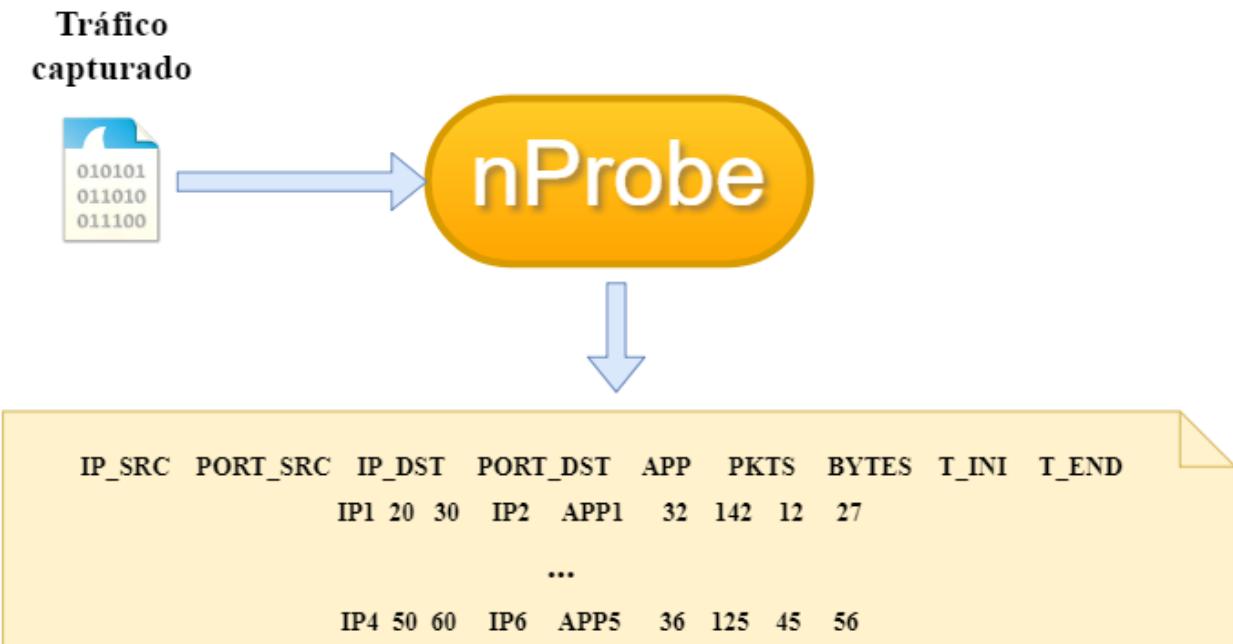


Figura 3-9 Uso de nProbe.

La gran ventaja del uso de nProbe es que ofrece la posibilidad de exportar la información que se deseé. Además, nProbe integra internamente la librería nDPI, por lo que se puede añadir la información de qué aplicación corresponde al flujo.

4 SISTEMA

My work on free software is motivated by an idealistic goal: spreading freedom and cooperation. I want to encourage free software to spread, replacing proprietary software that forbids cooperation, and thus make our society better.

- Richard Stallman -

En este capítulo se verá el diseño del sistema desarrollado, las partes en las que se compone, así como las principales funcionalidades que posee. Cabe destacar que el sistema podría ser usado en casos reales debido a la implementación realizada.

4.1 Aspectos generales del sistema

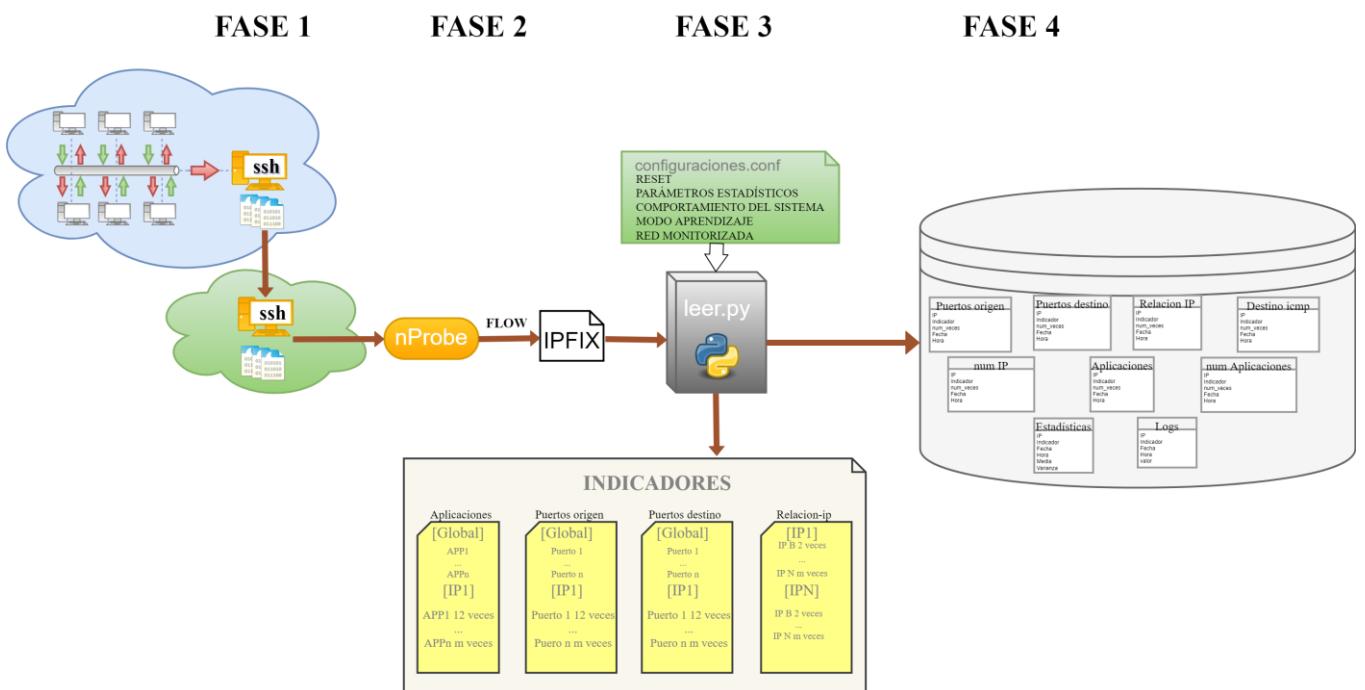


Figura 4-1 Esquema general del sistema.

Debido a la complejidad que posee el sistema desarrollado este puede ser descompuesto en 4 fases para una mejor comprensión del mismo:

- Una primera en la que se capturan los datos.
- Una segunda parte en la que se exporta la información en formato IPFIX.
- Una tercera encargada del procesamiento de todos los datos.
- Y, por último, la exportación final del tratamiento de los datos.

4.2 Fase 1: Obtención del tráfico

Primero será necesario capturar todo el tráfico que circula en una red. Para ello se hace uso de `tcpdump`[30] en modo promiscuo.

Una vez capturados los paquetes estos son guardados en un archivo de tipo *pcap*.

El equipo encargado de realizar las capturas, guardará un archivo *pcap* por cada franja horaria, consiguiendo así realizar un sondeo de la red a cada hora.

Estos archivos son enviados a un segundo equipo ubicado en una red externa, puesto que si procesáramos la información en el mismo equipo, podríamos sobrecargarlo y no conseguir el fin deseado.

Es muy importante que el envío de los archivos de capturas se realice a través de un medio seguro como es, por ejemplo, **SCP** [31]. Este permite realizar transferencias seguras de ficheros a través de **SSH** [32].

4.3 Fase 2: Exportación del tráfico en formato IPFIX

Hasta ahora la información del tráfico circulante en la red se encuentra en bruto en archivos **PCAP**. En esta fase se usan estos ficheros como entrada a nProbe, con el fin de poder exportar la información en archivos **CSV**[33].

La información exportada representa las comunicaciones en la red a modo de flujos IP en formato IPFIX. A continuación se muestra un ejemplo:

```
TPV4_SRC_ADDR, L4_SRC_PORT, TPV4_DST_ADDR, L4_DST_PORT, L7_PROTO, L7_PROTO_NAME, IN_PKTS, IN_BYTES, FLOW_START_MILLISECONDS, FLOW_END_MILLISECONDS
91.228.166.150,443,192.168.0.26,2594,188,QUIC,5,637,1537728302979,1537728302979
192.168.0.26,2594,91.228.166.150,443,188,QUIC,8,3448,1537728302979,1537728302979
192.168.0.26,2595,91.228.166.150,443,91,SSL,16,3837,1537728302979,1537728302980
91.228.166.150,443,192.168.0.26,2595,91,SSL,10,4355,1537728302979,1537728302980
192.168.0.26,63337,239.255.255.250,1900,12,SSDP,129,21285,1537728302980,1537728303080
192.168.0.26,2596,91.228.166.150,443,91,SSL,16,4168,1537728302980,1537728302980
91.228.166.150,443,192.168.0.26,2596,91,SSL,11,4391,1537728302980,1537728302980
192.168.0.26,55478,172.217.16.238,443,188,QUIC,1,51,1537728302980,1537728302980
172.217.16.238,443,192.168.0.26,55478,188,QUIC,1,48,1537728302980,1537728302980
192.168.0.26,1837,92.122.188.120,443,188,QUIC,5874,392245,1537728302980,1537728303080
92.122.188.120,443,192.168.0.26,1837,188,QUIC,24710,36184858,1537728302980,1537728303080
192.168.0.26,2515,35.186.224.53,443,188,QUIC,5,203,1537728302980,1537728303002
35.186.224.53,443,192.168.0.26,2515,188,QUIC,6,339,1537728302980,1537728303002
```

Figura 4-2 Ejemplo de exportación con nProbe.

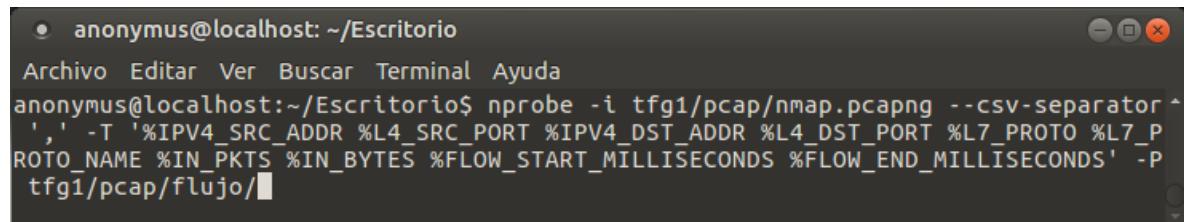
En la siguiente tabla se describe la información que se va a exportar:

Campo	Descripción
• IP origen	IP versión 4 que identifica al origen del flujo IP.
• IP destino	IP versión 4 que identifica al destino del flujo IP.
• Puerto origen	Puerto origen de capa 4 usado para el transporte del flujo.
• Puerto Destino	Puerto destino de capa 4 usado para el transporte del flujo.

• Nº Aplicación	Número del identificador de la aplicación que ha sido encontrada en el tratamiento DPI.
• Nº de paquetes	Cantidad de paquetes totales que corresponden al flujo.
• Nº de Bytes	Cantidad de Bytes totales en el flujo.
• Instante inicial	Tiempo de inicio del flujo.
• Instante final	Tiempo final del flujo.

Tabla 4 Campos exportados con nProbe.

Como ya se mencionó anteriormente, nProbe cuenta con muchas funcionalidades y es muy versátil a la hora de exportar la información. Debido a que este estudio solo requiere de los campos mostrados en la *Tabla 4*, es necesario ejecutar nProbe como se muestra en la imagen 4-3.



```
anonymus@localhost: ~/Escritorio
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
anonymus@localhost:~/Escritorio$ nprobe -i tfg1/pcap/nmap.pcapng --csv-separator ',' -T '%IPV4_SRC_ADDR %L4_SRC_PORT %IPV4_DST_ADDR %L4_DST_PORT %L7_PROTO %L7_PROTO_NAME %IN_PKTS %IN_BYTES %FLOW_START_MILLISECONDS %FLOW_END_MILLISECONDS' -P tfg1/pcap/flujo/
```

Figura 4-3 Ejecución nProbe.

En la *tabla 5* se detallan los parámetros usados en nProbe.

Opción	Descripción
• -i	Indica la interfaz o fichero PCAP de entrada.
• --csv-separator	Impone que la salida del fichero tenga formato csv.
• -T	Esta opción permite el orden y la información que se desea exportar.
• -P	Selección la carpeta donde se desea guardar la información a exportar.

Tabla 5 Descripción de las opciones usadas en nProbe.

Una vez que nProbe procesa los ficheros de entrada en la carpeta destino especificada con el parámetro *-P* aparecerá un fichero de tipo *.flows*, el cuál tendrá la información deseada.

4.4 Fase 3: Procesamiento de IPFIX

Esta etapa es la más importante, debido a que es la parte central del estudio realizado. Hasta ahora los datos no se habían analizado para detectar anomalías en el tráfico de red. Es en esta fase donde se realiza el tratamiento de la información para la posterior toma de decisiones y detección de comportamientos anómalos.

4.4.1 Lenguaje de programación y librerías

El lenguaje de programación utilizado para el desarrollo del trabajo ha sido **Python** [34], puesto que es el lenguaje más extendido y usado en el mundo de la ciberseguridad.



Figura 4-4 Logo de Python [34].

Además, este lenguaje tiene la posibilidad de usar numerosas y útiles librerías que facilitan el trabajo del programador. En la *tabla 6* podemos observar las principales librerías utilizadas para el desarrollo.

Librería	Descripción
• Pandas [35]	Esta librería permite el análisis de datos de forma eficiente. Ofrece diferentes estructuras de datos como son: <ul style="list-style-type: none">• Data Frame.• Series.• Estructuras de datos multidimensionales.
• Numpy [36]	Destinada para poder realizar operaciones con matrices y vectores.
• Datetime [37]	Módulo que proporciona clases y objetos para la manipulación de horas y fechas.
• Os [38]	Permite ejecutar comandos propios del sistema operativo.
• Sys [39]	Proporciona variables y funcionalidades con el propio intérprete de Python.
• mysql.connector [40]	Permite la interacción con una base de datos MySQL.
• math [41]	Dota a Python de operaciones matemáticas.
• shutil [42]	Proporciona acceso y manipulación de documentos y directorios alojados en el sistema operativo.
• ConfigParser [43]	Permite el acceso de forma sencilla a ficheros de configuración.
• Ipcalc [44]	Permite realizar cálculos de subredes IP tanto en IPv4 como IPv6.

Tabla 6 Librerías utilizadas.

4.4.2 Diseño del sistema

En la figura 4-5 se muestra el diseño llevado a cabo para la implementación del sistema desarrollado.

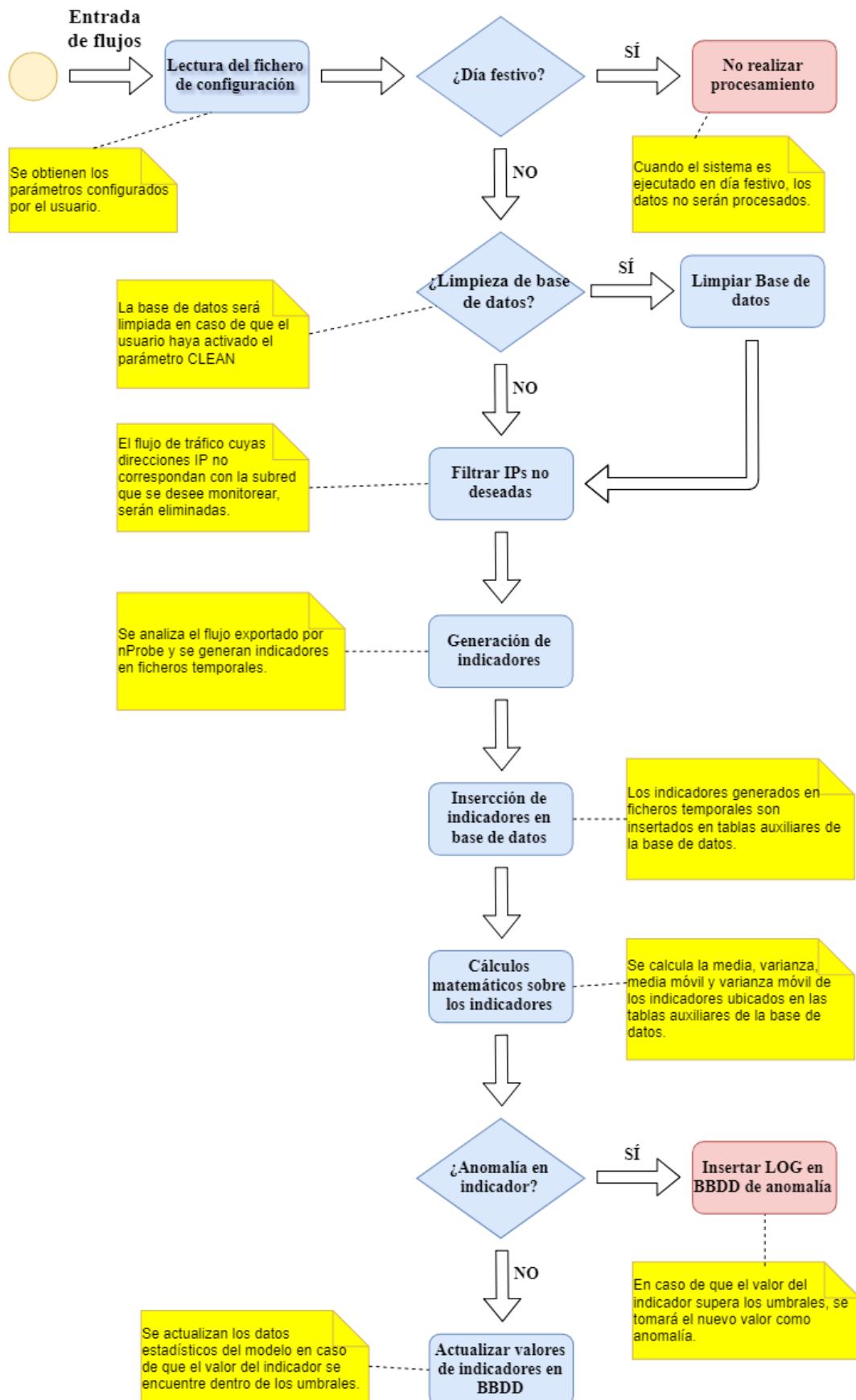


Figura 4-5 Diseño del sistema.

4.4.2.1 Diseño de los principales componentes del sistema.

Lectura del fichero de configuración

Obtención de los parámetros definidos por el usuario. Para facilitar la comprensión al usuario, los parámetros se encuentran divididos en 4 secciones:

- Descripción:**
- FECHA
 - BBDD
 - ESTADISTICAS
 - TRATAMIENTO

Parámetro	Sección	Uso y opciones
Fecha	FECHA	<p>Define la fecha y hora que se desea asignar a los indicadores. Este parámetro por defecto es AUTO. En este valor la fecha y hora se asignan automáticamente.</p> <p>En caso de estar realizando pruebas o desarrollando, se puede asignar manualmente en el formato YYYYMMDDHH. Un ejemplo sería: 2018092117, que correspondería con el 21 de septiembre de 2018 a las 17:00.</p>
User	BBDD	Define el usuario miembro de la base de datos.
Password	BBDD	Define la contraseña de la base de datos.
Host	BBDD	Define la dirección IP donde se encuentra alojada la base de datos.
Database	BBDD	Define el usuario miembro de la base de datos.
Clean	BBDD	Si se desea limpiar la base de datos este valor deberá estar a TRUE, en caso contrario deberá estar a FALSE.
Capacidad_ventana	ESTADISTICAS	Define el tamaño de las N últimas muestras que se tienen en cuenta en los cálculos matemáticos realizados.
Coeficiente_error	ESTADISTICAS	Coeficiente de error para la toma de decisión. Normalmente este valor estará comprendido entre 2 y 4. Cuanto más pequeño sea este valor el sistema será más restrictivo.
Aprendizaje	ESTADISTICAS	<p>Este parámetro es muy importante, ya que cuando su valor es igual a TRUE, el sistema se encuentra en modo de aprendizaje. Es decir, el sistema se encuentra en modo de entrenamiento. Todos los datos de entrada serán clasificados como tráfico limpio y valdrán para realizar una modelización del tráfico.</p> <p>Cuando el parámetro se encuentra a FALSE el sistema evaluará todos los indicadores, generando alertas en caso de detectar anomalías.</p>

Eliminar_anomalous	ESTADISTICAS	Si el parámetro se encuentra a TRUE, los valores que provoquen una alarma no se insertarán en la base de datos. Si por lo contrario, se desea que estos valores se inserten en base de datos, el parámetro deberá estar a FALSE.
Alertas_nuevas	ESTADISTICAS	Si se encuentra a TRUE y se detecta un nuevo indicador, el sistema generará una alarma notificando el nuevo indicador. Si no se desea alertar de nuevos indicadores, el valor deberá estar a FALSE.
Alpha	ESTADISTICAS	Parámetro de suavizado de los cálculos estadísticos, este valor suele estar comprendido entre 0.1 y 0.5
network	TRATAMIENTO	Define el rango de subred de direcciones IP que se desean tener en cuenta para el estudio. Un ejemplo de valor sería: 192.168.0.1/24 dónde se estarían indicando todas las IPs de la subred 192.168.0.1 con máscara 24.

Tabla 7 Parámetros del fichero de configuración.

Filtrar IPs no deseadas

La información exportada en formato IPFIX puede contener flujos de direcciones IPs que no se desean tener en cuenta para el estudio. Es por ello por lo que las direcciones IP origen correspondientes a la subred definida en el parámetro **network** serán identificadas haciendo uso del campo “L7_PROTO”

Este tratamiento se realiza para eliminar el tráfico de direcciones irrelevantes para el estudio así como para facilitar y simplificar el procesamiento de los datos.

Tabla 8 Tratamiento de las direcciones IP del tráfico.

Generación de indicadores

En base al flujo IPFIX filtrado se crean los siguientes indicadores:

Indicador	Descripción
Aplicaciones	Recoge las diferentes aplicaciones detectadas en los flujos así como el número de veces que intervienen en ellos.
ICMP-destino	Muestra el número de veces que se han generados mensajes ICMP[45]. Este indicador puede alertar de ataques de denegación de servicios.
IPdestino-origen	Informa por cada IP destino el número de veces que se conecta con las diferentes IP origen.
IPorigen-destino	Informa por cada IP origen el número de veces que se conecta con las diferentes IP destino.
Numero-APP	Número de veces que aparece cada aplicación en el tráfico de la red.
Numero-IP	Número de IPs destino distintas.
PuertosDestino	Registro del número de puertos destino por cada IP origen.
PuertosOrigen	Registro del número de puertos origen por cada IP origen.

Tabla 9 Diferentes indicadores.

4.4.3 Cálculo de los indicadores

Para crear un modelo estadístico se parte de dos tipos de premisas:

1. Mediante cálculo de la media aritmética móvil[46] y varianza[47]:

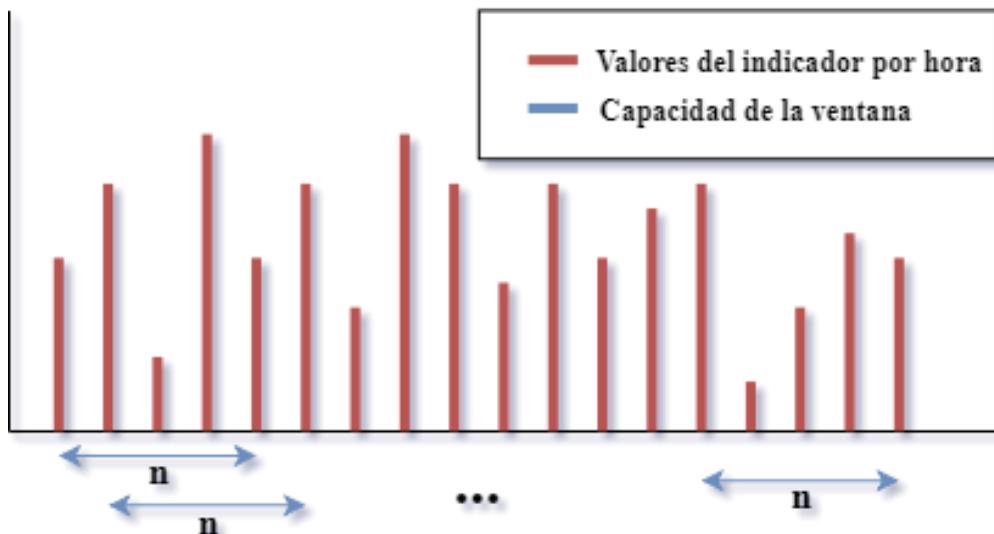


Figura 4-6 Media móvil.

- Como se puede observar en la *Figura 4-6*, el cálculo realizado corresponde a una media móvil, debido a que se calcula el promedio de las últimas muestras. Este comportamiento se denomina ventana deslizante. Se ha implementado de esta forma para conseguir que el sistema pueda responder a lo largo del tiempo, ya que si no se implementa una ventana deslizante, llegaría un punto en el que la media no variaría y su resultado sería prácticamente constante.
- La media aritmética o promedio cuya fórmula es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- **n** Número de la capacidad de la ventana.
- x_i Se denota como los valores que toma la variable.

- La varianza es una medida de dispersión y la raíz cuadrada de la varianza nos permite calcular la desviación que posee cada indicador. A continuación se muestra la fórmula de la varianza:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

- **n** Número de la capacidad de la ventana.
- x_i Se denota como los valores que toma la variable.

- \bar{X} Media de la variable.
- Cuando se almacena un valor en un indicador, este es evaluado a través de la siguiente ecuación y, si no cumple la condición, el valor es clasificado como anómalo provocando la inserción de un log en la base de datos:

$$\epsilon \leq k \times \sqrt{\sigma^2}$$

- ϵ Se define como el error y se calcula de la siguiente manera:

$$\epsilon = |x_i - \bar{X}|$$

- k Corresponde con el coeficiente de error. (Este parámetro es configurable por el usuario a través del fichero de configuración).

2. Mediante cálculo de la media exponencial móvil y varianza exponencial móvil:

- La media móvil exponencial[48] cuya fórmula es:

$$EMA(t) = \begin{cases} x_1, & t = 1 \\ \alpha \times x_i + (1 - \alpha) \times EMA(t - 1), & t > 1 \end{cases}$$

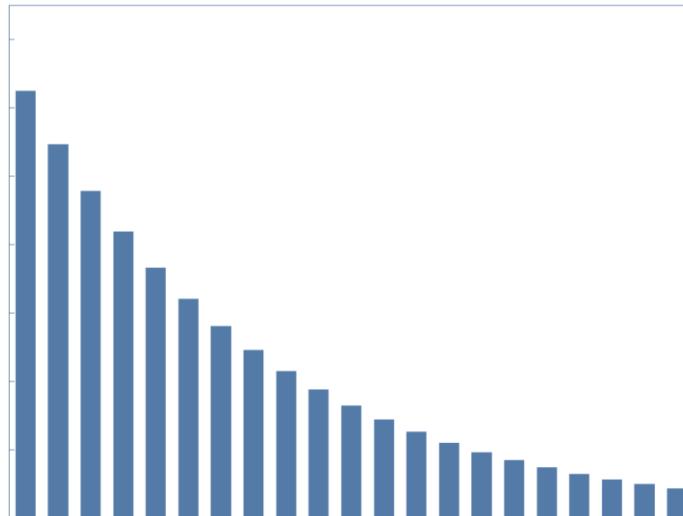


Figura 4-7 Forma de media exponencial móvil.

- α Corresponde al parámetro de suavizado que puede valer entre 0 y 1.
- x_i Valor en el instante t.
- La EMA es usado comúnmente para las tendencias de los valores de mercado. Se ha optado por implementar este modelo estadístico debido a los buenos resultados que se obtienen cuando se evalúan indicadores.
- La varianza exponencial cuya fórmula es:

$$\sigma^2_{exp} = \left(\frac{\alpha}{2 - \alpha} \right) \times \sigma^2$$

- α Parámetro de suavizado.

- σ^2 Valor de la varianza de todo el conjunto de muestras.
- Al igual que en el caso anterior de media aritmética, en este también se toma decisiones en base a la siguiente fórmula y en caso de no cumplir la siguiente condición, el tráfico será clasificado como anómalo provocando la inserción de un log en la base de datos:

$$\epsilon \leq k \times \sqrt{\sigma^2_{exp}}$$

- ϵ Se define como el error y se calcula de la siguiente manera:

$$\epsilon = |x_i - EMA(t)|$$

- k Corresponde con el coeficiente de error. (Este parámetro es configurable por el usuario a través del fichero de configuración).

4.5 Fase 4: Base de datos

Esta última etapa del sistema corresponde a la exportación a una base de datos de toda la información recolectada y procesada.

Se ha utilizado MySQL[49] como sistema de gestor para la base de datos.

4.5.1 Diseño de la base de datos

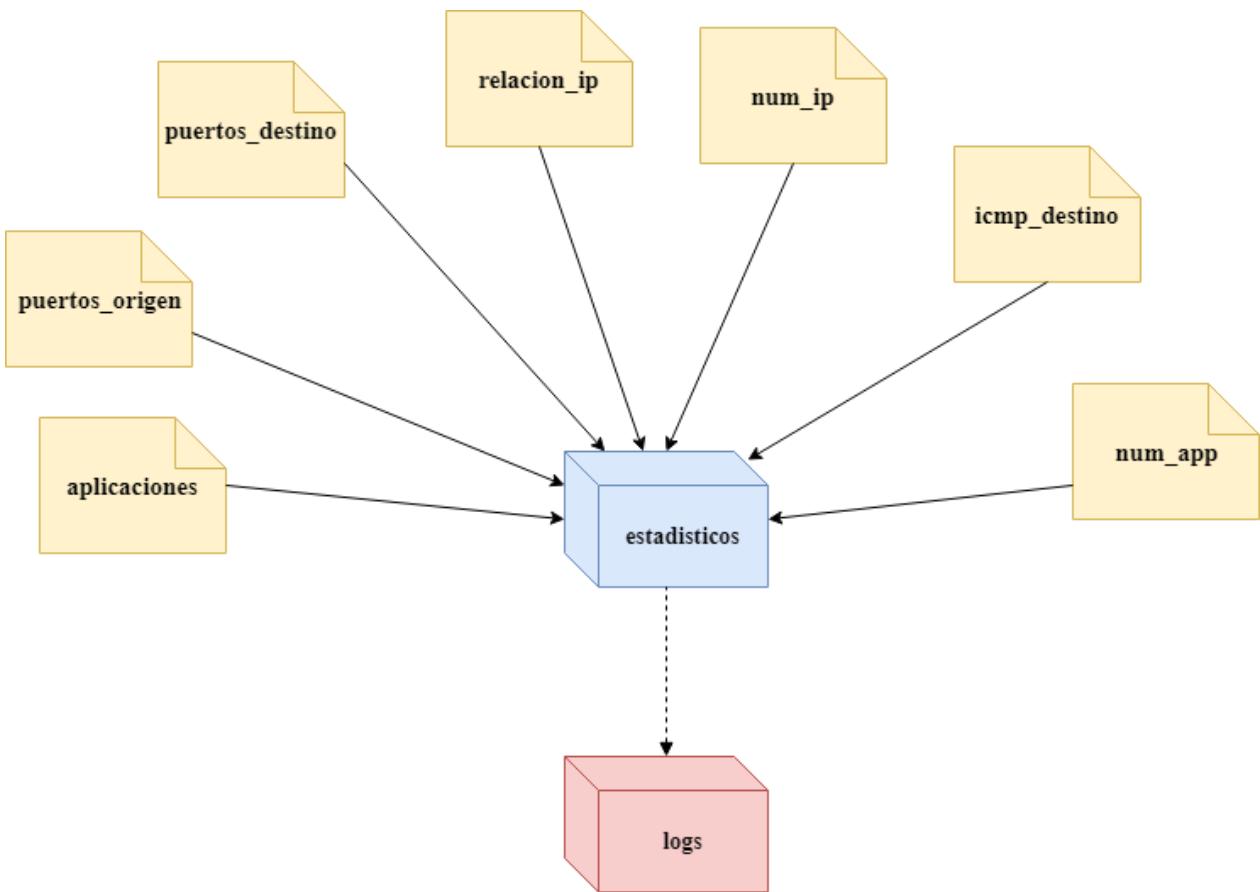


Figura 4-8 Diagrama funcional de la base de datos.

La base de datos está compuesta por tablas auxiliares. Cada una de ellas contiene la información de un indicador. Por cada uno de ellos se realiza un cálculo matemático y el resultado se inserta en la tabla “estadísticos”.

mysql> show tables;
+-----+-----+
Tables_in_tfg
+-----+-----+
aplicaciones
estadisticos
icmp_destino
logs
num_app
num_ip
puertos_destino
puertos_origen
relacion_ip
+-----+-----+
9 rows in set (0,00 sec)

Figura 4-9 Tablas que componen la base de datos.

Cada vez que se realiza un cálculo se comprueba que el resultado está dentro del margen de confianza. En caso de no cumplir dicho margen el nuevo valor del indicador no será insertado en la tabla **estadísticos**, pero sí se insertará un registro en la tabla de logs.

Si por lo contrario el valor sí se encuentra dentro del margen de confianza, dicho valor será insertado en la

tabla de “estadísticos”.

4.5.1.1 Tablas auxiliares

A continuación se detalla el diseño de cada una de las tablas auxiliares que alimentan a la tabla principal que contienen las estadísticas de cada indicador.

Aplicaciones	
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de aplicaciones.
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • ip • aplicacion • num_veces • fecha • hora
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
aplicacion	Nombre de la aplicación identificada en un flujo.
num_veces	Número de flujos en los que se ha identificado la aplicación.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 10 Indicador de aplicaciones.

Icmp_destino	
Atributo	Descripción
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de mensajes ICMP originados en una máquina.
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • ip • ip_destino • num_veces • fecha • hora
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
ip_destino	Ip destino a la es destinado el mensaje ICMP.

num_veces	Número de veces que se ha generado el mensaje ICMP con estas direcciones ip.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 11 Indicador de ICMP.

Puertos_destino	
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de los puertos destino.
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • ip • puerto • num_veces • fecha • hora
Atributo	
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
puerto	Campo usado para la identificación, será siempre rellenado como PUERTOS D
num_veces	Número de veces que se identifica el puerto destino con la misma ip origen.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 12 Indicador Puertos destino.

Puertos_origen	
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de los puertos origen.
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • ip • puerto • num_veces • fecha • hora

Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
puerto	Campo usado para la identificación, será siempre rellenado como PUERTOS O
num_veces	Número de veces que se identifica el puerto origen con la misma ip origen.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 13 Indicador Puertos destino.

Relación_ip	
Descripción:	Descripción
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • ip • puerto • ip_destino • fecha • hora
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
ip_destino	Ip versión 4 destino en el flujo.
num_veces	Número de veces que ha aparecido la ip destino para la misma ip origen.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 14 Indicador relación de las diferentes ip.

Num_ip	
Descripción:	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> • ip • ip_aux

Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • fecha • hora
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
ip_aux	Campo que siempre contiene el valor ‘DISTINTAS’ para facilitar la visualización y tratamiento realizado posteriormente.
num_veces	Número total de IP destino distintas.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 15 Número total de ip destinos.

Num_app	
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de las diferentes ip.
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> • ip • aplicación • fecha • hora
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
aplicación	Campo que siempre contiene el valor ‘APLICACIONES’ para facilitar la visualización y tratamiento realizado posteriormente.
num_veces	Número de distintas aplicaciones identificadas.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 16 Número total de las diferentes aplicaciones.

4.5.1.2 Tabla principal

A continuación se detalla el diseño de la tabla más importante. La importancia de esta tabla reside en que contiene todas las estadísticas de los cálculos realizados a partir de los datos de las tablas auxiliares.

Estadísticos	
Descripción:	Contiene todos los indicadores así como los datos estadísticos para cada uno de ellos.
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
indicador	<p>Identificador del indicador. Para poder comprender la información estos son los posibles valores que se pueden encontrar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de una aplicación. • O ‘número de puerto’ (Indicador de puerto origen). • D ‘número de puerto’ (Indicador de puerto destino). • I ‘IP’ (Indicador de icmp). • DISTINTAS (Indicador de distintas ip). • APLICACIONES (Indicador de distintas aplicaciones). • IP (Indicador de relación-ip).
media	Número que corresponde con el cálculo de la media del indicador.
varianza	Número que corresponde con el cálculo de la varianza del indicador.
media_exp	Número que corresponde con el cálculo de la media móvil exponencial del indicador.
varianza_exp	Número que corresponde con el cálculo de la varianza exponencial móvil del indicador.
muestras	Número de muestras del indicador.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 17 Tabla principal de indicadores.

4.5.1.3 Tabla de alarmas

Si algún valor registrado en las tablas auxiliares no se encuentra dentro de los umbrales, se generará una alarma en la tabla logs registrando tal evento.

Logs

Descripción:	Contiene todos los eventos generados cuando un indicador ha sido clasificado como anómalo.
---------------------	--

Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none">• ip• indicador• tipo• fecha• hora
------------------------	--

Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
indicador	Nombre del indicador que ha sido registrado como anómalo.
tipo	Los datos son evaluados a través de dos formas. Por lo que se pueden generar dos tipos de alarmas: <ul style="list-style-type: none">• ERROR: Evento que identifica la media.• ERROR_EXP: Evento que identifica la media móvil.
valor	Valor que tiene el indicador cuando se ha clasificado como anómalo.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

Tabla 18 Logs.

5 PRUEBAS Y RESULTADOS

El ordenador nació para resolver problemas que antes no existían.

- Bill Gates -

Este capítulo se dedica a la descripción de las pruebas realizadas, en el cuál podremos encontrar casos reales de detecciones. También se exponen los resultados obtenidos, así como el software usado para la realización de las pruebas.

5.1 Descripción de software usado para la realización de las pruebas

Para la realización de las pruebas se ha utilizado VMWare para virtualizar una máquina con las siguientes características:

Máquina virtual	
• Memoria RAM	3 GB
• Procesadores	8
• Sistema Operativo	Ubuntu 16.04.4 LTS

Tabla 19 Máquina virtualizada con vmware.

5.2 Pruebas realizadas

A continuación se muestran los pasos llevados a cabo para la realización de las pruebas. Para facilitarle la comprensión al lector se pueden dividir de la siguiente forma:

1. Captación de los datos y exportación IPFIX.
2. Preparación del archivo de configuración.
3. Ejecución del script **leer.py**
4. Consultas tablas BBDD.
5. Errores.

Para finalizar, nos centraremos en varios indicadores y se mostrará la evolución temporal para ver de una manera gráfica el comportamiento del sistema.

5.2.1 Captación de los datos y exportación IPFIX

5.2.1.1 Captura del tráfico

Para la realización de la pruebas se ha capturado tráfico de forma local haciendo uso de un dispositivo y una máquina virtual durante **21 días**. Para simplificar un poco, las capturas siempre han sido en la misma **franja horaria entre las 12:00 y las 13:00 horas**.

Los días de capturas están comprendidos entre el **1 de Octubre de 2018 y 19 de Octubre de 2018**.

El tráfico capturado corresponde con el uso normal de un usuario medio:

- Navegación de diferentes páginas web
- Diferentes consultas en Google
- Accesos a diferentes redes sociales
- Video en streaming
- Música en streaming
- Descarga de ficheros y documentos

El sistema también se ha alimentado con tráfico malicioso los días **4, 7, 10 y 14 de octubre de 2018**, con el fin de poder comprobar que es capaz de detectar dicho tráfico.

- Tráfico correspondiente al **4 de octubre de 2018**:
 - Además del uso normal como el resto de días, se ha realizado dos ataques de denegación de servicios:
 1. A través de un script que ejecuta múltiples veces el siguiente comando: **ping <IP> -l 65500 -n 1**
 2. Se ha instalado la herramienta Hping3 que permite realizar diferentes ataques de tipo DoS. En este caso particular se ha ejecutado el siguiente comando: **hping3 --rand-source --flood <IP>** Este comando permite la generación continua de paquetes ICMP con una dirección origen falsa.
- Tráfico correspondiente al **7 de octubre de 2018**:
 - Además del uso normal como el resto de días, se ha realizado un nmap a través del siguiente comando: **nmap -T4 -A -v <IP>**
- Tráfico correspondiente al **10 de octubre de 2018**:
 - Además del uso normal como el resto de días, se ha realizado un nmap de sondeo de la red a través del siguiente comando: **nmap -sP 192.168.0.***
- Tráfico correspondiente al **14 de octubre de 2018**:
 - Al tráfico de uso normal se le ha añadido tráfico malicioso relacionado con el virus Troyano[50][51].

5.2.1.2 IPFIX

En este paso ejecutamos nProbe pasándole por parámetro el archivo de captura de tráfico.

```
anonymus@localhost:~/Escritorio$ nprobe -i tfg1/pcap/01.pcapng --csv-separator ',' -T '%IPV4_SRC_ADDR %L4_SRC_PORT %IPV4_DST_ADDR %L4_DST_PORT %L7_PROTO %L7_PROTO_NAME %IN_PKTS %IN_BYTES %FLOW_START_MILLISECONDS %FLOW_END_MILLISECONDS' -P tfg1/pcap/flujo/
```

Figura 5-1 Ejecución nprobe para la prueba.

Como se puede observar en la *Figura 5-1*. Le pasamos a nProbe el archivo de captura de tráfico *01.pcapng*. Nprobe creará un fichero en formato IPFIX con la información de los flujos IP en la carpeta indicada de nombre **flujo**.

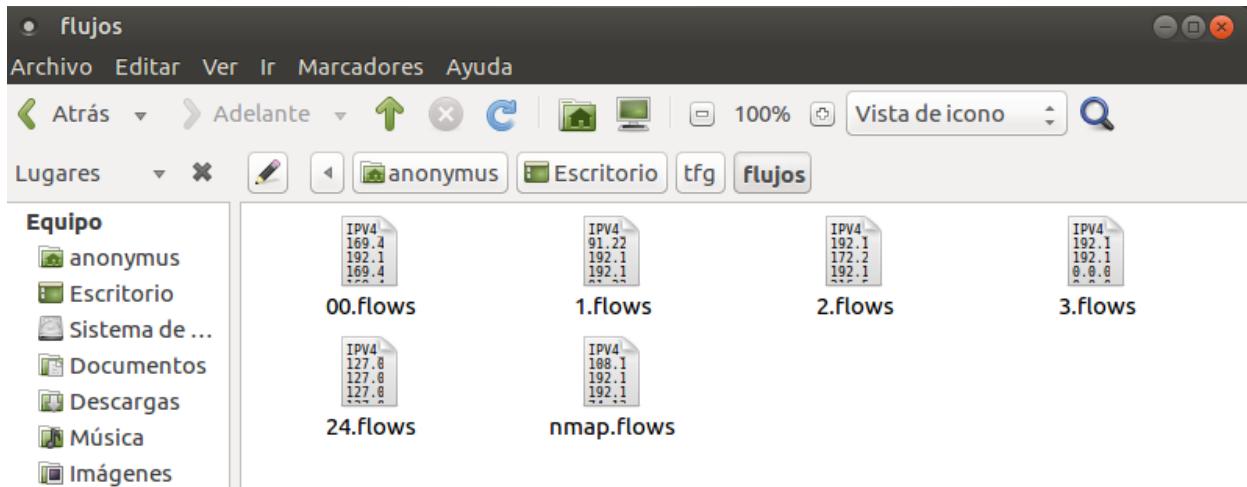


Figura 5-2 Carpeta con los ficheros de flujos IP.

A cada hora nuestro sistema capturara tráfico y realizará este paso, creando un fichero de flujos IP en formato IPFIX a cada hora.

En la *Figura 5-2* se puede observar como el sistema ha creado diferentes ficheros.

5.2.2 Preparación del archivo de configuración

Antes de la ejecución del sistema será necesario definir las configuraciones globales, tal y como se puede ilustrar en la *Figura 5-3*.

Primero se debe definir el rango de la subred sobre la que se va a realizar el estudio a través del parámetro **network**. En este ejemplo la subred sería **192.168.0.0/24**

Como es la primera vez que va a ser ejecutado, es muy importante que se defina la variable aprendizaje a valor **TRUE**. Esto le indica al sistema que se encuentra en modo aprendizaje y que debe tomar los datos que va a procesar para crear un modelo estadístico de **tráfico limpio**.

En este paso es muy importante alimentar al sistema con un buen conjunto de datos, debido a que si no es así, el modelo estadístico será muy deficiente y no tomará buenas decisiones en base al tráfico.

Para este ejemplo se ha definido una ventana de **tamaño 3**, por lo que no resultaría coherente desactivar el modo aprendizaje hasta tener, al menos, **3 exportaciones IPFIX**.

Cuando el sistema ha sido alimentado y se tienen suficientes datos se desactivará el modo aprendizaje definiendo la variable aprendizaje a valor **FALSE**. Una vez desactivado este modo, activaremos la generación de alertas nuevas. Esto permite la reportación de un log cuando se ha identificado un indicador que no se encuentra en el modelo estadístico.

Cabe destacar que mientras el sistema no se encuentra en modo aprendizaje sigue aprendiendo con el tiempo. Esto se debe a que el modelo estadístico se crea a través de una ventana deslizante, por lo que los valores de los diferentes indicadores se actualizan con el tiempo.

```

# Fichero de configuraciones globales del programa

# Configuraciones de la fecha y hora
# en la que se realiza el estudio.
# Si se desea que la fecha y hora corresponda
# con el archivo de captura realizado, se deberá
# poner el valor AUTO, en cambio si se desea asignar una hora
# y fecha, debe ser en el formato: yyyyymmddhh por ejemplo,
# 10 de Marzo de 2018 a las 14:00 -> 2018031014
[FECHA]
fecha = AUTO

# Configuraciones sobre la Base de datos
[BBDD]
user = wala
password = wala
host = localhost
database = tfg
clean = FALSE

# Configuraciones llevadas a cabo en las estadísticas
# y comportamiento del sistema
[ESTADISTICAS]
capacidad_ventana = 3
coeficiente_error = 3
aprendizaje = TRUE
eliminar_anomalous = FALSE
alertas_nuevas = FALSE
alpha = 0.3

# Red sobre la que se desea monitorizar
[TRATAMIENTO]
network = 192.168.0.0/24

```

Figura 5-3 Configuración inicial.

5.2.3 Ejecución del script

Después de haber finalizado con la configuración, se ejecuta el script del sistema programado. Como se muestra en la *Figura 5-4* al script hay que indicarle el fichero de flujo que debe procesar. En este ejemplo se le indica que procese el fichero *01.flows* ubicado en la carpeta *flujos*.

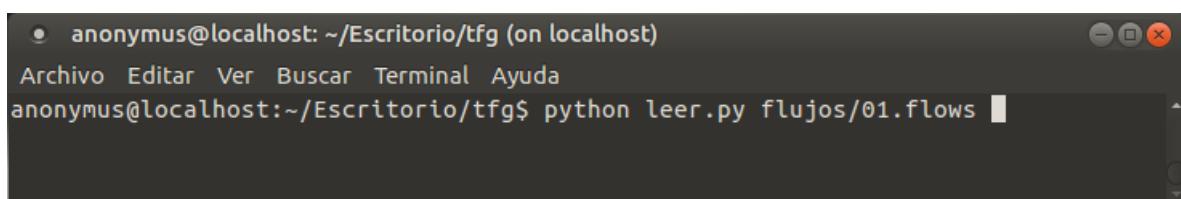


Figura 5-4 Ejecución del sistema programado.

Después de la ejecución del script se habrán creado ficheros en texto plano en la carpeta **indicadores** con los diferentes indicadores tal y como se muestra en la *Figura 5-5*.

Estos ficheros son temporales y son creados dinámicamente en cada ejecución del script.



Figura 5-5 Indicadores temporales.

5.2.4 Consultas tablas BBDD

Después de la ejecución del script deberían existir registros en las tablas de base de datos. Para ello realizamos una consulta en la tabla del indicador aplicaciones y otra en tabla de estadísticos:

```
anonymus@localhost: ~/Escritorio (on localhost)
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda

mysql> select * from aplicaciones;
+-----+-----+-----+-----+-----+
| ip   | aplicacion          | num_veces | fecha    | hora   |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1.1.1.1 | DNS                 | 3          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | DNS.GMail           | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | DNS.Google           | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | DNS.GoogleDrive      | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | DNS.GoogleServices   | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | DNS.Office365        | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | HTTP                | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | LLMNR               | 4          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | MDNS                | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | NetBIOS              | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | QUIC                | 19         | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | QUIC.Google           | 3          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | QUIC.GoogleDocs       | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | QUIC.GoogleDrive      | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | QUIC.GoogleServices   | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSDP                | 1          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSL                 | 12         | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSL.GMail             | 2          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSL.Google             | 2          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSL.Office365          | 2          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSL.WhatsApp           | 2          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | SSL_No_Cert            | 39         | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | Unknown               | 4          | 2018-10-03 | 13
| 1.1.1.1 | VMware                | 7          | 2018-10-03 | 13
+-----+-----+-----+-----+-----+
24 rows in set (0,39 sec)
```

Figura 5-6 Consulta de tabla aplicaciones.

Como se puede observar en la *Figura 5-6* en el tráfico circulante en la red se han identificado 23 aplicaciones distintas y 4 de los flujos han sido categorizados como **desconocido**. Esto resulta ser interesante, ya que si se

obtienen numerosas muestras de aplicación desconocida, podríamos estar ante una detección de tráfico malicioso.

A continuación en la *Figura 5-7* se muestra la consulta (*) de la tabla de estadísticos:

ip	indicador	hora	media	varianza	fecha	muestras	media_exp	varianza_exp
1.1.1.1	104.199.64.136	13	1	0	2018-10-03	1	1	0
1.1.1.1	108.177.15.189	13	1	0	2018-10-03	1	1	0
1.1.1.1	13.107.42.11	13	3	0	2018-10-03	1	3	0
1.1.1.1	151.101.132.246	13	2	0	2018-10-03	1	2	0
1.1.1.1	168.63.42.114	13	1	0	2018-10-03	1	1	0
1.1.1.1	169.44.82.101	13	2	0	2018-10-03	1	2	0
1.1.1.1	169.60.79.31	13	1	0	2018-10-03	1	1	0
1.1.1.1	172.217.16.227	13	1	0	2018-10-03	1	1	0
1.1.1.1	172.217.16.234	13	1	0	2018-10-03	1	1	0
1.1.1.1	172.217.16.238	13	1	0	2018-10-03	1	1	0

Figura 5-7 Consulta tabla estadísticos.

(*) NOTA: Debido a la gran dimensión de la tabla se ha tenido que mostrar sólo una parte.

Como se observa en la *Figura 5-7* los indicadores sólo tienen una muestra, por lo que la varianza tiene valor cero. En la *Figura 5-8* se muestra la misma consulta realizada en la *Figura 5-7*, pero ahora el sistema ha sido alimentado con una segunda captura de tráfico.

ip	indicador	hora	media	varianza	fecha	muestras	media_exp	varianza_exp
1.1.1.1	'0_902'	13	7	0	2018-04-10	1	7	0
1.1.1.1	'0_912'	13	2	0	2018-04-10	1	2	0
1.1.1.1	'QUIC'	13	17	4	2018-04-10	2	16.2	0.705882
1.1.1.1	'QUIC.Google'	13	43	1600	2018-04-10	2	59	282.353
1.1.1.1	'QUIC.GoogleDocs'	13	18.5	306.25	2018-04-10	2	25.5	54.0441
1.1.1.1	'QUIC.GoogleDrive'	13	1	0	2018-04-10	1	1	0
1.1.1.1	'QUIC.GoogleServices'	13	5.5	20.25	2018-04-10	2	7.3	3.57353
1.1.1.1	'SSDP'	13	9.5	72.25	2018-04-10	2	12.9	12.75
1.1.1.1	'SSL'	13	133	14641	2018-04-10	2	181.4	2583.71
1.1.1.1	'SSL.GMail'	13	2	0	2018-04-10	1	2	0
1.1.1.1	'SSL.Google'	13	6.5	20.25	2018-04-10	2	8.3	3.57353
1.1.1.1	'SSL.Office365'	13	1.5	0.25	2018-04-10	2	1.3	0.0441176
1.1.1.1	'SSL.WhatsApp'	13	3.5	2.25	2018-04-10	2	4.1	0.397059
1.1.1.1	'SSL_No_Cert'	13	39	0	2018-04-10	1	39	0

Figura 5-8 Segunda consulta a tabla estadísticos.

Como podemos observar ahora las columnas 5 y 9 que corresponden respectivamente con la varianza y la varianza exponencial poseen valores diferentes a cero.

Los valores de esta tabla serán más cercanos a la realidad cuanto mayor sea el número de muestras con la que se alimente al sistema.

Si tenemos muy pocos datos, los valores de los indicadores presentarán mucha dispersión, por lo que el sistema no obtendrá buenas decisiones.

5.2.5 Errores

Cuando se tienen varias capturas y el sistema posee datos suficientes, desactivamos la variable aprendizaje del archivo configuración y ejecutamos el script pasándole tráfico malicioso para verificar que el sistema funciona.

```
anonymus@localhost: ~/Escritorio/tfg (on localhost)
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
anonymus@localhost:~/Escritorio/tfg$ python leer.py flujos/nmap.flows
```

Figura 5-9 Ejecución del script con tráfico malicioso.

En la *Figura 5-10* realizamos una consulta a la tabla de logs para verificar si el sistema ha generado alguna detección en los indicadores.

mysql> select* from logs;					
ip	fecha	hora	tipo	indicador	valor
1.1.1.1	2018-10-05	13	ERROR	Unknown	30120
1.1.1.1	2018-10-05	13	ERROR_EXP	Unknown	30120
2 rows in set (0,00 sec)					

Figura 5-10 Consulta de logs.

Como se puede observar, el subindicador **Unknown** del indicador Aplicaciones ha sido clasificado como tráfico malicioso, tanto en el test de la media móvil como el de la media exponencial móvil. En esta prueba el indicador ha obtenido un valor **30120**, esto significa que ha habido 30120 flujos IP que nProbe ha clasificado como desconocido. En base a este resultado podemos afirmar que el sistema funciona correctamente.

En ocasiones tendremos casos de indicadores nuevos que no se han tenido en cuenta en la fase de aprendizaje del modelo, por lo que resulta interesante la generación de un log que muestre cuándo ocurren estos casos. Para ello activaremos la variable **alertas_nuevas** a valor **TRUE** del fichero de configuración para dotar al sistema de este comportamiento.

Para verificar el funcionamiento de esta característica, no tendremos en cuenta los siguientes indicadores en la fase de aprendizaje:

- Facebook.
- YouTube.
- Dropbox.
- Skype.

Accederemos a Facebook, YouTube, Dropbox y Skype mientras capturamos el tráfico para poner a prueba el modelo y comprobar si es capaz de realizar la detección y categorizarlos como nuevos.

mysql> select * from logs;					
ip	fecha	hora	tipo	indicador	valor
1.1.1.1	2018-10-05	13	ERROR	Unknown	30120
1.1.1.1	2018-10-05	13	ERROR_EXP	Unknown	30120
1.1.1.1	2018-10-06	13	NUEVO	DNS.Facebook	40
1.1.1.1	2018-10-06	13	NUEVO	Skype	238
1.1.1.1	2018-10-06	13	NUEVO	SSL.Dropbox	34
1.1.1.1	2018-10-06	13	NUEVO	SSL.Facebook	66
1.1.1.1	2018-10-06	13	NUEVO	SSL.YouTube	47
7 rows in set (0,00 sec)					

Figura 5-11 Consulta en logs de nuevos indicadores.

Como se muestra en la *Figura 5-11* se puede verificar como, efectivamente, el sistema ha detectado y reportado los nuevos indicadores marcándolos como **NUEVO**.

5.2.6 Indicador Aplicaciones-Unknown

Este subindicador de aplicaciones corresponde al número de flujos marcados como aplicación desconocida. Como vimos anteriormente, este indicador es clave para la detección de anomalías. Es por ello por lo que es seleccionado para realizar las pruebas sobre el Sistema y verificar el funcionamiento del mismo.

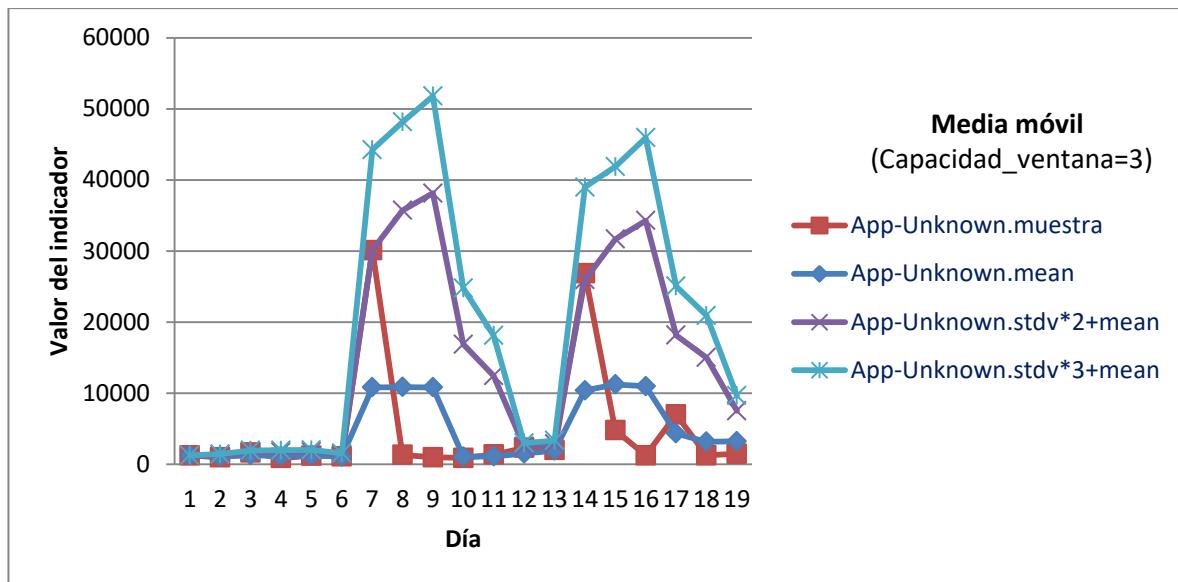


Figura 5-12 Evolución temporal del indicador App-Unknown

Como se puede observar en la **Figura 5-12** los días 7 y 14 obtenemos un incremento considerable de la media móvil y la desviación típica del indicador, por lo que el sistema lo detecta y reporta una anomalía en tal indicador. También resulta interesante fijarse en el comportamiento del sistema definiendo la capacidad de la ventana a 3. Se observa cómo el sistema tiene en cuenta las últimas 3 muestras.

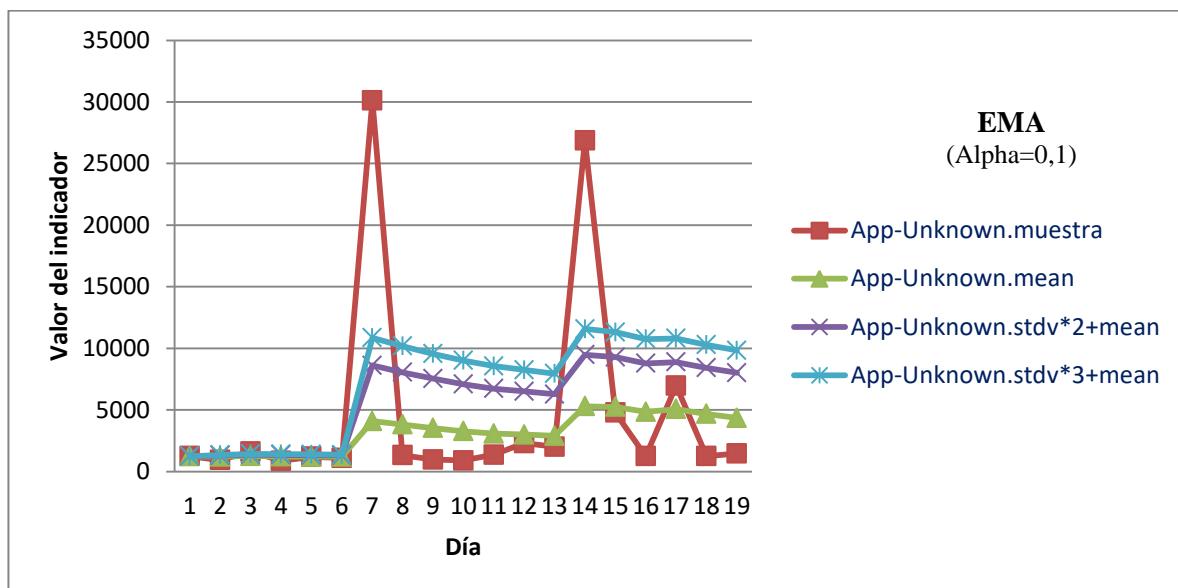


Figura 5-13 Evolución temporal indicador App-Unknown EMA($\alpha = 0.1$)

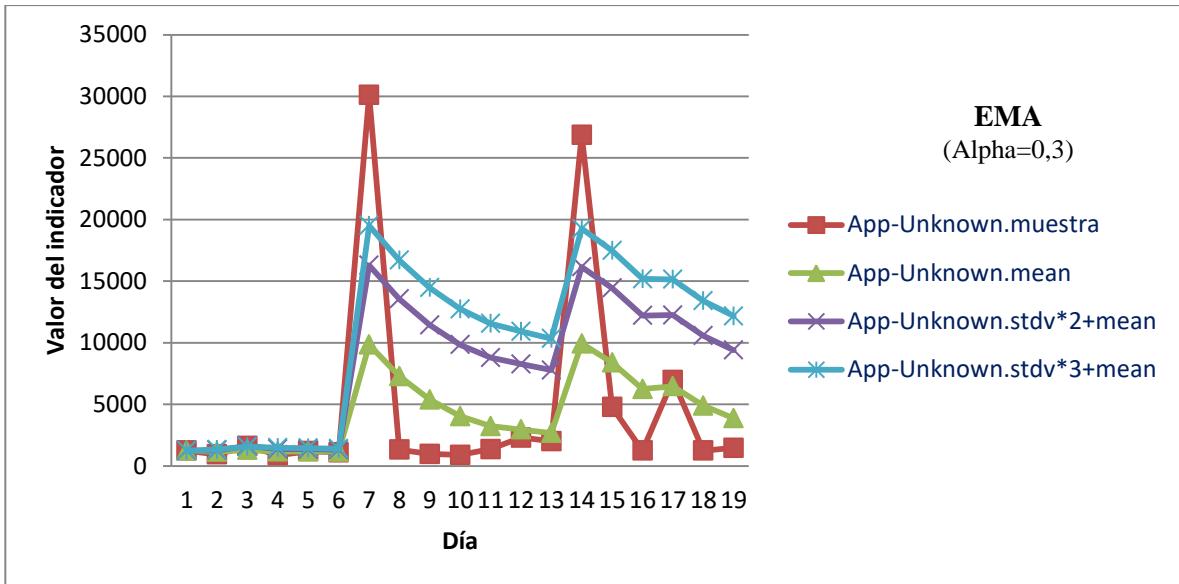


Figura 5-14 Evolución temporal indicador App-Unknown EMA($\alpha = 0.3$)

En la *Figura 5-13* y en la *Figura 5-14* se muestra la evolución temporal del cálculo de la media exponencial móvil del indicador *App-Unknown*. A través de este gráfico podemos apreciar la importancia del parámetro *Alpha*. Cuanto mayor sea el valor de este parámetro, más se acercará el valor de la *EMA* a la última muestra del indicador.

En este caso, hemos obtenido detección de anomalías en los días 7, y 14 cuando *Alpha* tiene valor **0.3**. En cambio, cuando *Alpha* tiene valor **0.1** se obtiene detección en los días 3, 7 y 14.

5.2.7 Indicador Puertos_destino

Este indicador corresponde con el número total de puertos destinos abiertos por una misma dirección IP.

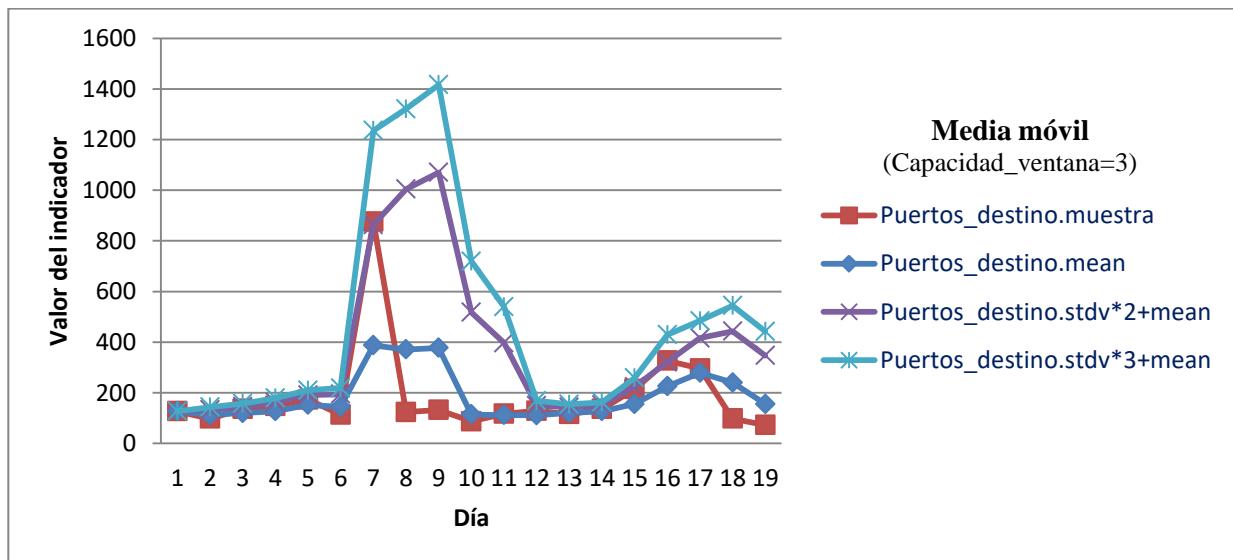


Figura 5-15 Evolución temporal del indicador Puertos_destino

En este indicador obtenemos detección de anomalía en los días 7 y 16 de octubre. Por lo que tenemos falsos positivos el 16 de octubre, este comportamiento se debe a que dichos días hubo un incremento del tráfico capturado.

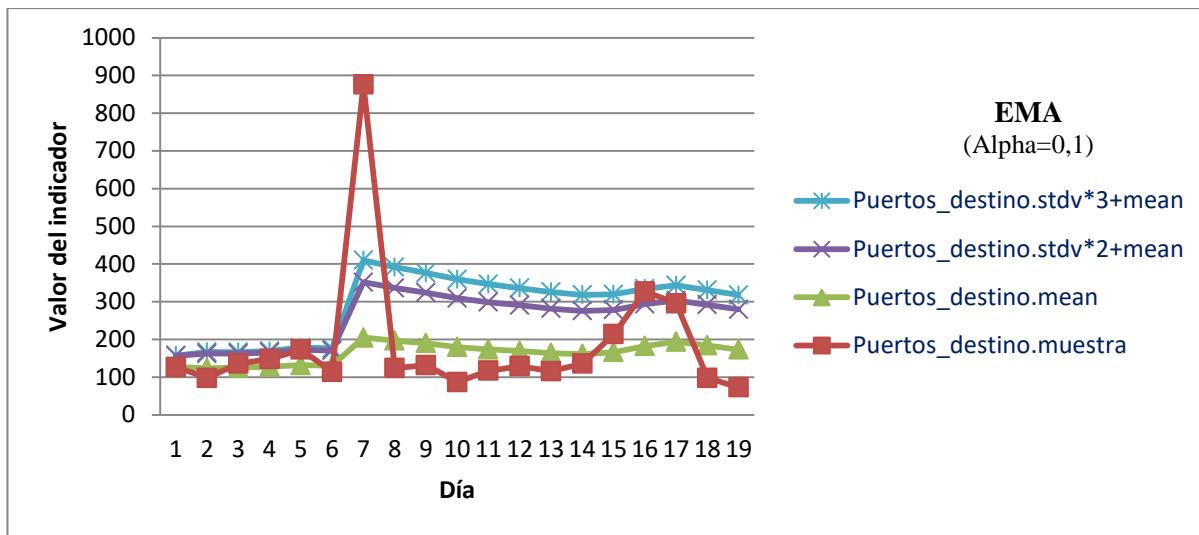


Figura 5-16 Evolución temporal indicador Puerto_destino EMA($\alpha = 0.1$)

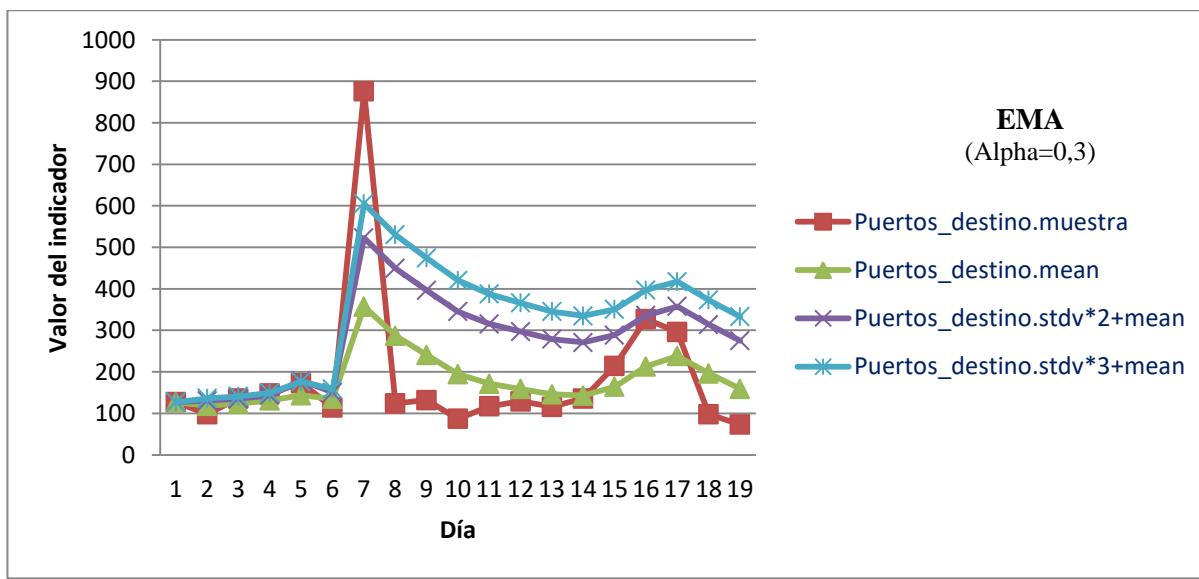


Figura 5-17 Evolución temporal indicador Puerto_destino EMA($\alpha = 0.3$)

En el caso de la media exponencial obtenemos detección de anomalía en los días 7 y 16 tanto para *Alpha* igual a 0.1 como a 0.3.

La detección del día 16 es un falso positivo que tal y como se comentó anteriormente, este falso positivo es generado por un aumento del tráfico capturado.

5.2.8 Indicador Puerto_origen

Este indicador corresponde con el número total de puertos origen abiertos por una misma dirección IP.

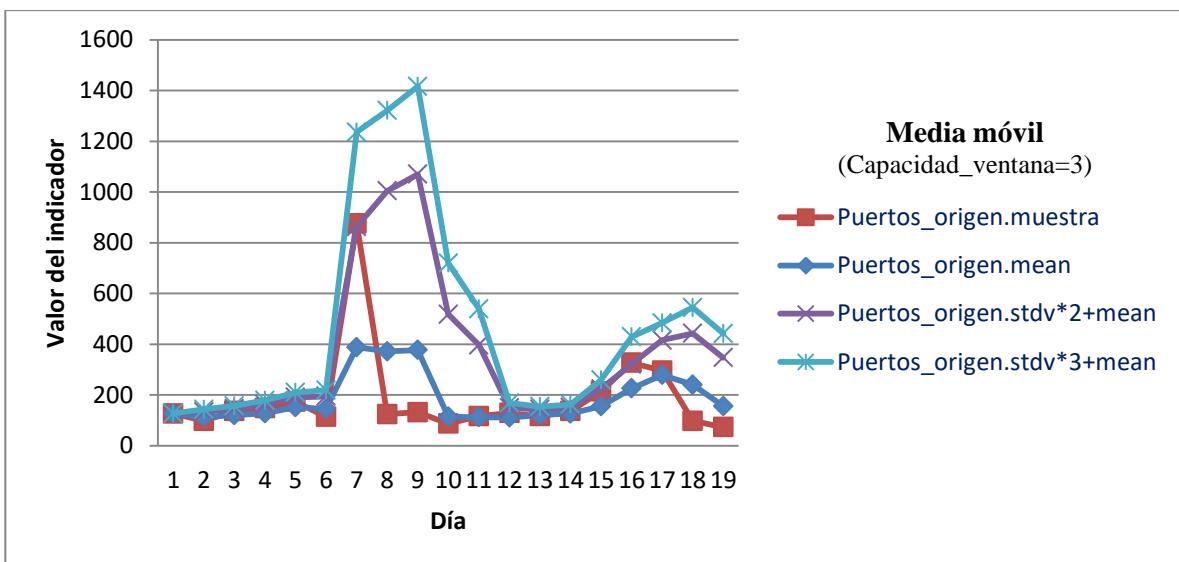


Figura 5-18 Evolución temporal del indicador Puerto_origen

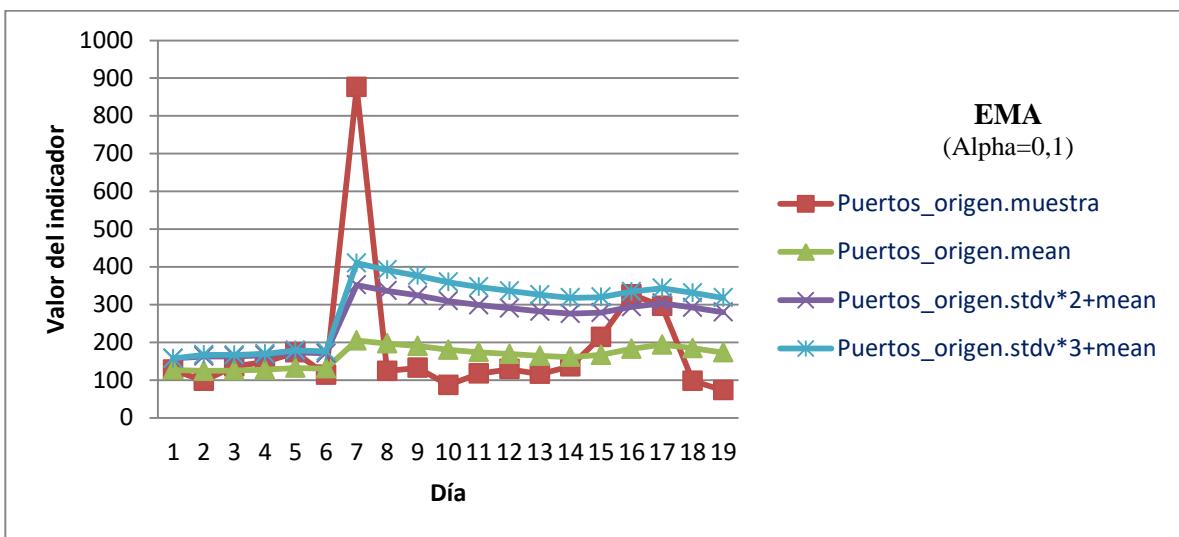


Figura 5-19 Evolución temporal indicador Puerto_origen EMA($\alpha = 0.1$)

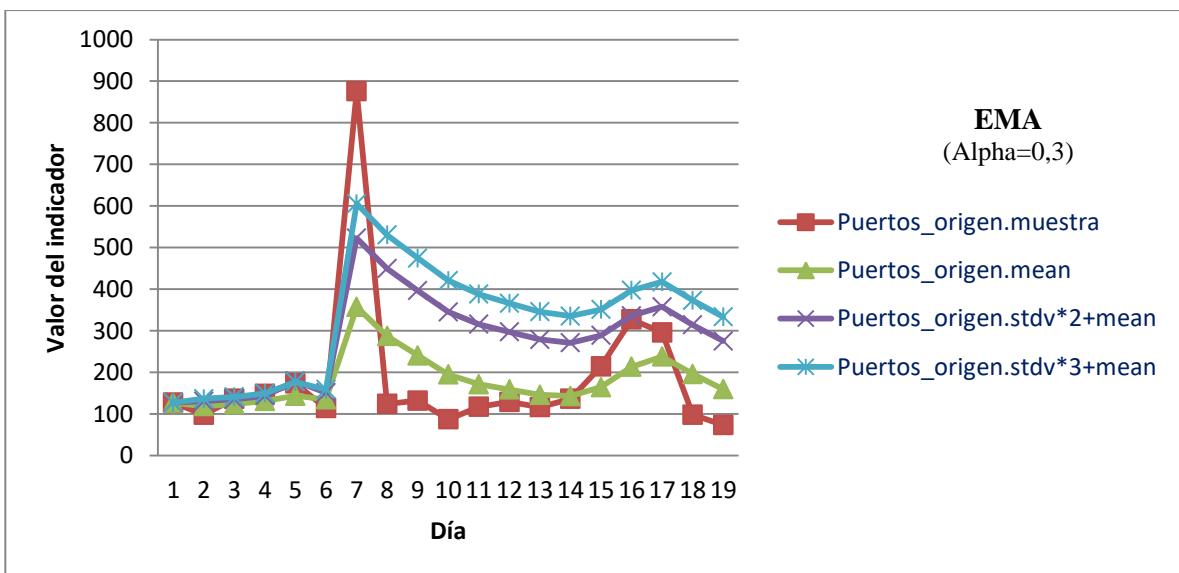


Figura 5-20 Evolución temporal indicador Puerto_origen EMA($\alpha = 0.3$)

Cómo se puede observar en la *Figura 5-18*, *Figura 5-19* y *Figura 5-20*, el comportamiento del indicador *Puertos_origen* resulta ser el mismo que el indicador de *puertos_destino*.

5.2.9 Indicador num_app

Este indicador corresponde con el número total de aplicaciones disintas usadas por una misma dirección IP.

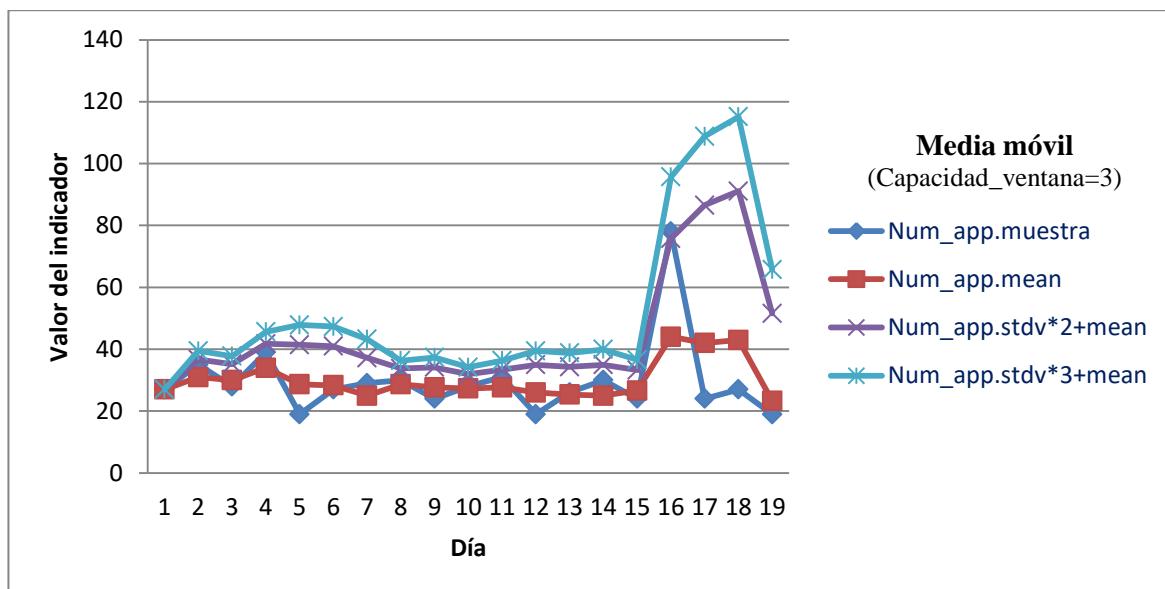


Figura 5-21 Evolución temporal del indicador num_app

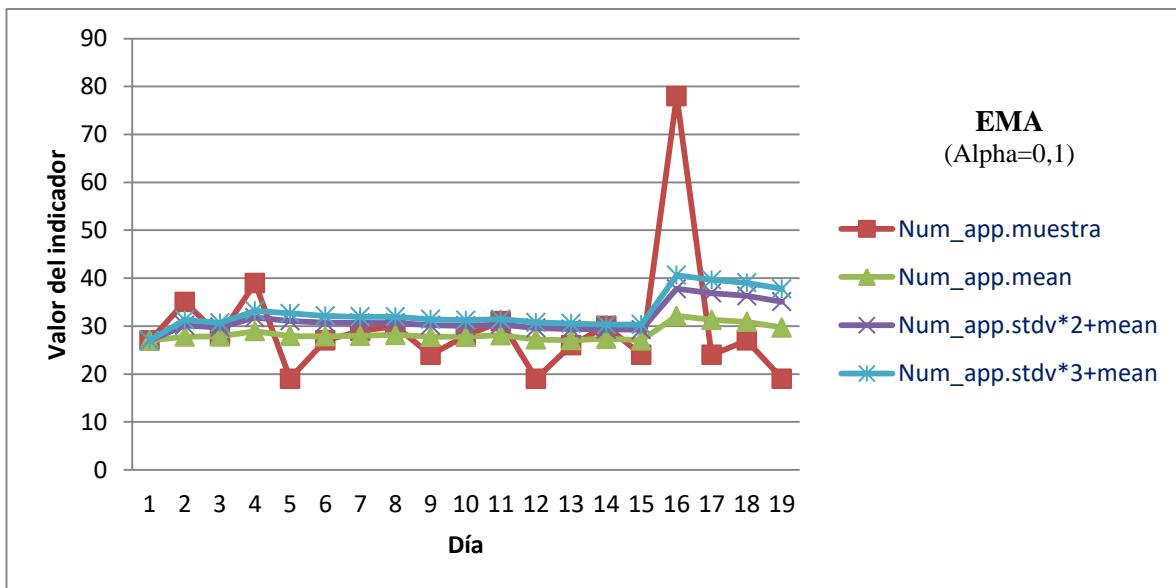


Figura 5-22 Evolución temporal indicador num_app EMA($\alpha = 0.1$)

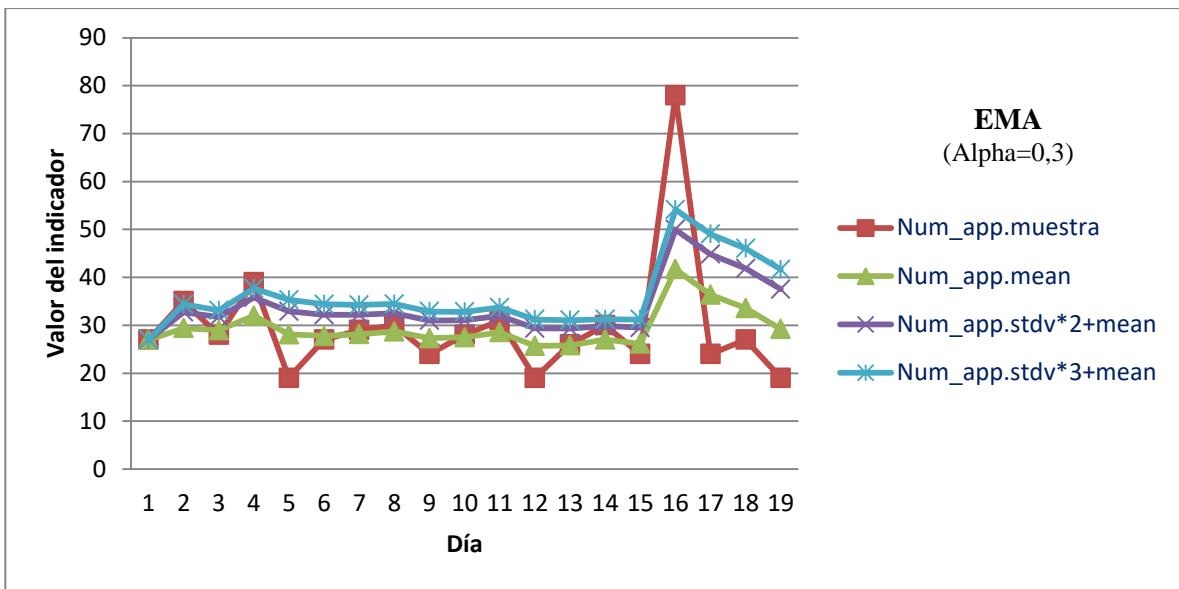


Figura 5-23 Evolución temporal indicador num_app EMA($\alpha = 0.3$)

Excepto cuando $Alpha$ vale 0.1, En el resto de los casos estudiados de este indicador se obtiene detección el día 16 de Octubre, esta detección como ya se comentó anteriormente resulta ser un falso positivo provocado por un aumento del tráfico capturado.

5.2.10 Indicador icmp_destino

Este indicador corresponde con el número total de icmp enviados por una misma dirección IP.

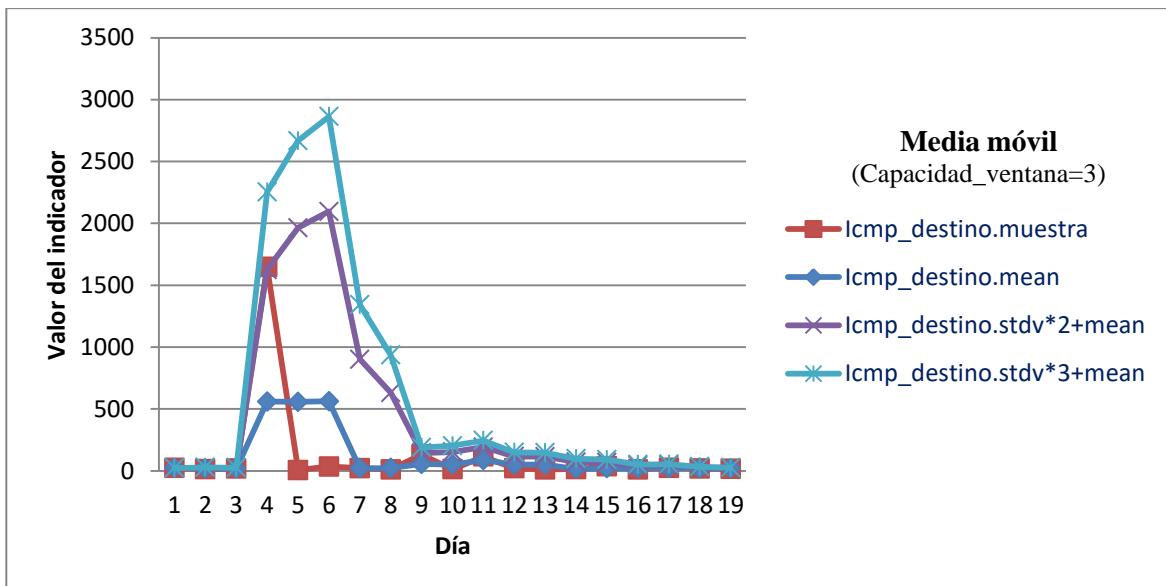


Figura 5-24 Evolución temporal del indicador Icmp_destino

A través de la media móvil se obtiene de forma correcta detección el día 4 y un falso positivo el día 16.

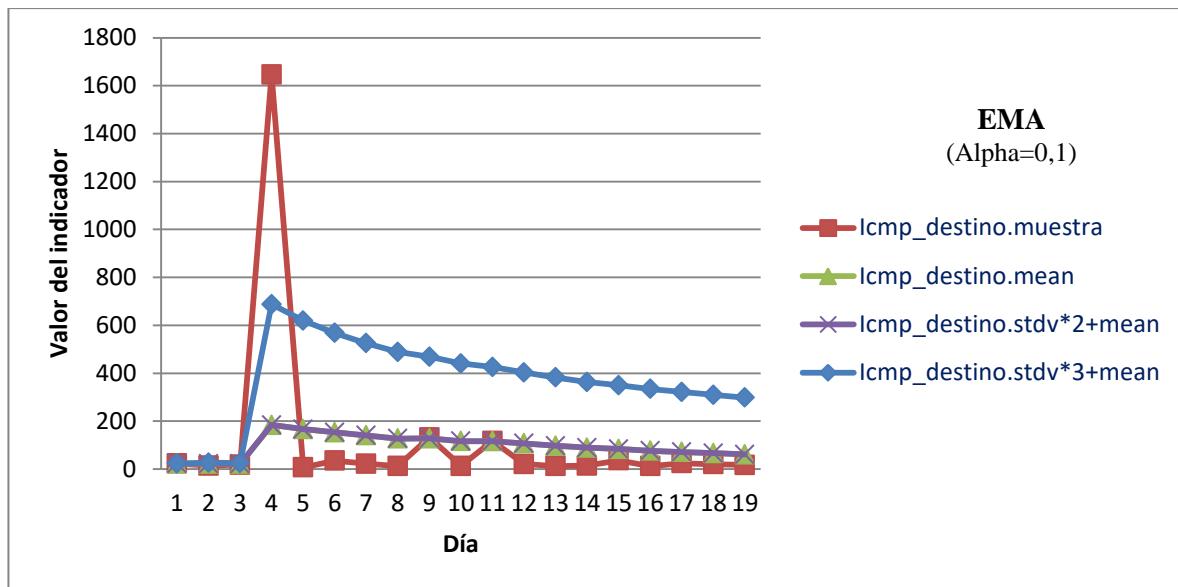


Figura 5-25 Evolución temporal indicador Icmp_destino EMA($\alpha = 0.1$)

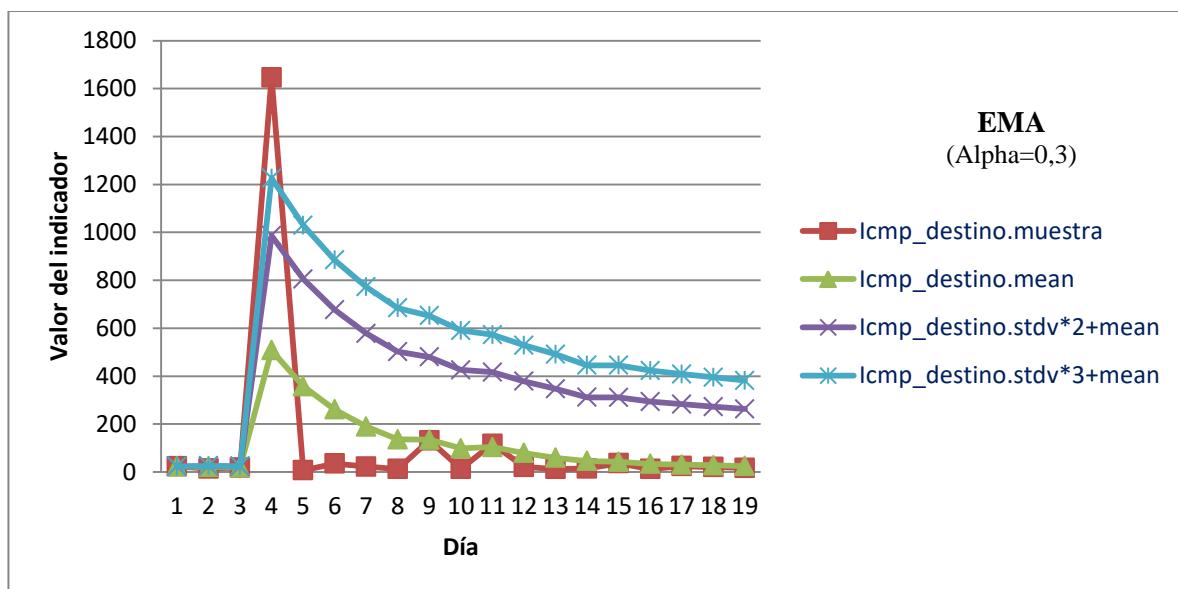


Figura 5-26 Evolución temporal indicador Icmp_destino EMA($\alpha = 0.3$)

A través de la media exponencial móvil obtenemos de forma correcta una única detección el día 4.

Si comparamos las detecciones anteriores con las capturas de tráfico usadas se puede llegar a la deducción de que se debería obtener una detección el día 10 en este indicador pero el sistema no lo ha detectado. Esto es debido a que la red en la que se han realizado las pruebas es muy pequeña, por lo que se obtienen respuestas de muy pocos dispositivos. En caso de llevar a cabo esta prueba sobre una red lo suficientemente grande obtendríamos respuestas icmp de muchos dispositivos que provocarían una detección en este indicador.

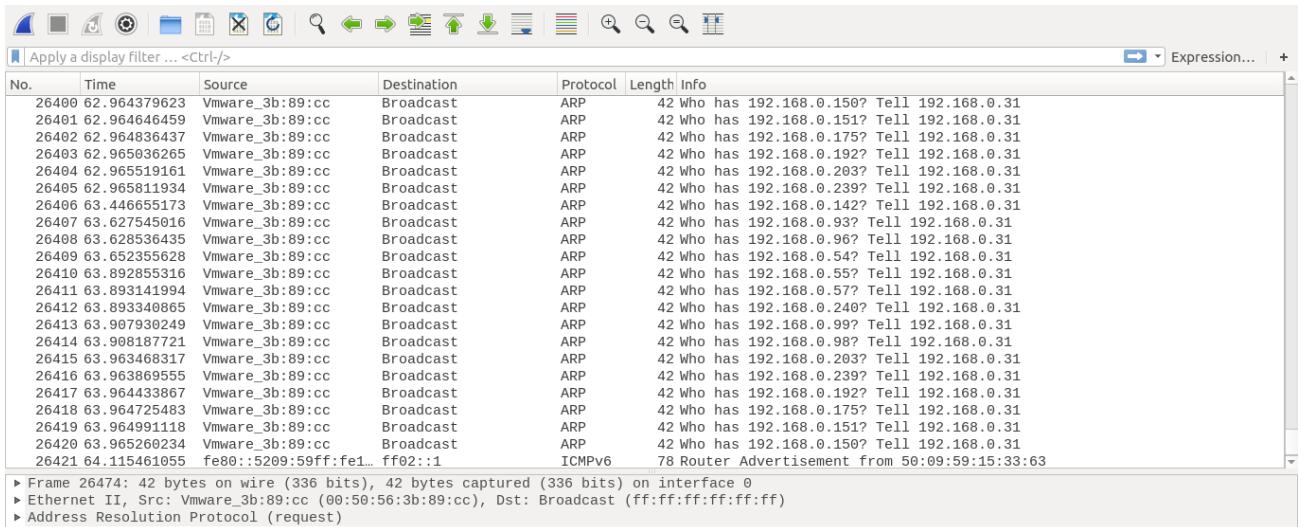


Figura 5-27 Captura de tráfico de sondeo de la red con nmap

Como se puede apreciar en la **Figura 5-27** en el tráfico capturado cuando se ha realizado un sondeo de la red, se obtienen números ARP de consultas pero al no obtenerse respuesta no se generan los paquetes ICMP. Por lo que no se ha llegado a detectar anomalía el día 10 de Octubre.

5.2.11 Resumen de la fiabilidad del sistema

Día	Tráfico	App-Unknown	Puertos_destino	Icmp_destino
1	Bueno			
2	Bueno			
3	Bueno	Alerta		
4	Malo			Alerta
5	Bueno			
6	Bueno			
7	Malo	Alerta	Alerta	
8	Bueno			
9	Bueno			
10	Malo			
11	Bueno			
12	Bueno			

13	Bueno		
14	Malo	Alerta	
15	Bueno		
16	Bueno		Alerta
17	Bueno		
18	Bueno		
19	Bueno		

Tabla 20 Resumen de los datos obtenidos por el sistema

Para calcular la fiabilidad del sistema se definen los siguientes conceptos y fórmulas:

- **Tasa de detección:** $\frac{\text{Número de ataques detectados}}{\text{Número de ataques reales}} \times 100 (\%)$
- **Tasa de falsos positivos:** $\frac{\text{Número de falsos positivos}}{\text{Número de elementos de actividad normal}} \times 100 (\%)$
- **Accuracy:** $\frac{\text{Número de aciertos}}{\text{Número total de elementos}} \times 100 (\%)$

	App-Unknown	Puertos_destino	Icmp_destino
CD(Tasa de detección)	50%	25%	25%
TFP(Tasa de falsos positivos)	7,14%	7,14%	7,14%
Accuracy	84,21%	78,95%	78,95%

Tabla 21 Fiabilidad de los indicadores

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Estudia el pasado si quieres definir el futuro.

- Confucio -

Después de la investigación llevada a cabo para el estudio realizado, se procede a la exposición de las conclusiones obtenidas en base a los resultados obtenidos. También se aportarán ideas para las posibles futuras mejoras que podrían complementar la presente investigación.

6.1 Conclusiones

Tras la investigación y desarrollo llevado a cabo en el presente trabajo, se puede afirmar que se han cumplido los siguientes objetivos fijados:

- Se han investigado y probado en profundidad las diferentes tecnologías, aplicaciones y métodos útiles para la detección de anomalías en el tráfico de red.
- Investigación de distintas amenazas posibles de vulnerabilidades en la red.
- Comparativa de las diferentes tecnologías.
- Creación de indicadores que permitan modelar el tráfico de red.
- Generación de logs.
- Desarrollo de un sistema con capacidad de aprendizaje de patrones de comportamiento en una red para la detección de vulnerabilidades.
- El software desarrollado es completamente configurable para el usuario. Es escalable y se adapta a diferentes volúmenes de tráfico.
- Profundizaje en el lenguaje Python, el más usado en el mundo de la ciberseguridad.
- Instalación y configuración de un escenario real para la validación de pruebas.

En base a las pruebas y resultados obtenidos se puede llegar a la conclusión de que el sistema desarrollado funciona correctamente. Se obtienen logs cuando se alimenta al sistema con tráfico malicioso.

Analizando la *Tabla 20* y *tabla 21* se puede llegar a la conclusión de que el sistema posee una buena capacidad de detección, aunque las probabilidades de éxitos podrían verse mejoradas significativamente poniendo el sistema a prueba en un escenario real, puesto que el tráfico de entrada sería de dimensiones apropiadas para poder tener valores de indicadores con suficiente consistencia.

Cabe destacar que el sistema desarrollado es un mecanismo de defensa, el cual permite la detección de posibles nuevas vulnerabilidades que puedan comprometer el buen funcionamiento de una red. Esto es muy importante en la actualidad, pues como hemos visto en la investigación del estado del arte, cada año se obtienen registros de nuevas vulnerabilidades y sistemas como el desarrollado en este estudio, pueden detectar y conseguir así la mitigación de riesgos.

El sistema desarrollado también podría ser utilizado para monitorizar el tráfico que circula por la red y así poder controlar los accesos de los usuarios de la red.

6.2 Líneas futuras

Debido a que el presente trabajo se trata de una primera investigación en la detección de vulnerabilidades existen posibles líneas de mejora que permitirían el avance de la investigación y desarrollo:

- Unificar indicadores similares para evitar tener un gran número y así reducir falsos positivos en la detección.
- Realizar un estudio similar haciendo uso de redes neuronales.
- Realizar comparativa con sistemas que hagan uso de redes neuronales.
- Trabajar directamente con la base de datos para reducir el tiempo computacional que implica la generación de ficheros de forma dinámica.
- Creación de un dashboard tipo web con la posibilidad de poder configurar el sistema de forma fácil e intuitiva para el usuario.
- Combinar el sistema desarrollado con firewall para conseguir un sistema que detecta y corta las posibles nuevas vulnerabilidades.
- Añadir nuevas aplicaciones a la librería nDPI para aumentar el abanico de detecciones de aplicaciones.
- Diseñar un sistema intermedio de captación del tráfico de forma automatizada y completamente configurable por el usuario
- Poner en funcionamiento el sistema sobre una red industrial para poder realizar estudios de fiabilidad del sistema.
- Extender el concepto de detecciones de anomalías a través de modelado estadístico a otros campos, como podría ser por ejemplo en las redes eléctricas.

REFERENCIAS

- [1] incibe (Instituto Nacional de Ciberseguridad), “Amenaza vs Vulnerabilidad, ¿sabes en qué se diferencian? | INCIBE,” 2017. [Online]. Available: <https://www.incibe.es/protege-tu-empresa/blog/amenaza-vs-vulnerabilidad-sabes-se-diferencian>. [Accessed: 29-Oct-2018].
- [2] P. K. Pateriya and S. S. Kumar, “Analysis on Man in the Middle Attack on SSL,” *Int. J. Comput.* ..., vol. 45, no. 23, pp. 43–46, 2012.
- [3] R. G. Wiliam, “Trujillo _2016,” p. 177, 2016.
- [4] INCIBE, “Ransomware: una guía de aproximación para el empresario,” p. 25, 2017.
- [5] M. Barrionuevo, M. Lopresti, N. Miranda, and F. Píccoli, “red usando imágenes y técnicas de Computación de Alto Desempeño .,” pp. 1166–1175.
- [6] N. Stivet, T. Álvarez, and L. F. Pedraza, “Redes neuronales y predicción de tráfico Neural networks and prediction of traffic,” *Edición Espec.*, vol. 15, no. 29, pp. 90–97, 2011.
- [7] Anonymous, “Detecting Anomalies in Communication Packet Streams Based on Generative Adversarial Networks,” *Neuropsychology*, vol. 58, no. 6, pp. 1151–1161, 2006.
- [8] P. Larrañaga, I. Inza, and A. Moujahid, “Tema 8. Redes Neuronales,” *Researchgate*, p. 19, 2015.
- [9] R&S, “R & S ® PACE 2 Solution Guide Contents.”
- [10] T. Firewalls, “Firewalls industriales DPI ¿Qué es un firewall industrial DPI ? Firewalls industriales DPI,” pp. 1–5.
- [11] J. J. Dougherty, “Interested in learning more ? In sti tu Au th re ns f rig,” *Style (DeKalb, IL)*, no. Security 401, 2011.
- [12] E. De La Hoz, E. M. De La Hoz, A. Ortiz, and J. Ortega, “Modelo de detección de intrusiones en sistemas de red, realizando selección de características con FDR y entrenamiento y clasificación con SOM,” *Inge Cuc*, vol. 8, no. 1, pp. 85–116, 2012.
- [13] E. Arias, “Instituto Politécnico Nacional,” *Cic.Ipn.Mx*, pp. 1–80, 2010.
- [14] L. R. M, “Snort como herramienta administrativa,” no. 5, pp. 74–78.
- [15] cvedetails, “CVE security vulnerability database. Security vulnerabilities, exploits, references and more,” 2018. [Online]. Available: <https://www.cvedetails.com/>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [16] “Vulnerability distribution of cve security vulnerabilities by types.” [Online]. Available: <https://www.cvedetails.com/vulnerabilities-by-types.php>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [17] L. Deri, M. Martinelli, and A. Cardigliano, “nDPI: Open-Source High-Speed Deep Packet Inspection.”
- [18] sourceforge, “L7-filter Supported Protocols.” [Online]. Available: <http://l7-filter.sourceforge.net/protocols>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [19] P. Bulletin, “NBAR2 Protocol Library,” pp. 1–47, 2013.
- [20] R. Hofstede *et al.*, “Flow Monitoring Explained: From Packet Capture to Data Analysis With NetFlow and IPFIX,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 16, no. 4, pp. 2037–2064, 2014.
- [21] M. De, “Monitorización de una red académica mediante Netflow 1.”
- [22] R. Antonello *et al.*, “Deep packet inspection tools and techniques in commodity platforms: Challenges and trends,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 35, no. 6, pp. 1863–1878, 2012.
- [23] “Túnel (informática) - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%BAnel_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%BAnel_(inform%C3%A1tica)). [Accessed: 04-Nov-2018].
- [24] concepto.de, “¿Qué es ISP?” [Online]. Available: <https://concepto.de/isp/>. [Accessed: 05-Nov-2018].

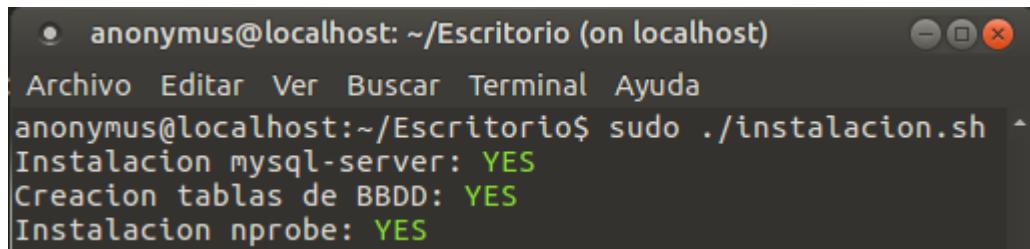
- [25] E. Lgplv, D. Packet, and I. Library, “nDPI - Quick Start Guide,” no. October, pp. 1–15, 2016.
- [26] P. Kocher, “Internet Engineering Task Force (IETF) A. Freier Request for Comments: 6101 P. Karlton Category: Historic Netscape Communications,” 2011.
- [27] A. V. Aho and M. J. Corasick, “Efficient string matching: an aid to bibliographic search,” *Commun. ACM*, vol. 18, no. 6, pp. 333–340, Jun. 1975.
- [28] L. Deri SharkFest, “#sf17eu • Estoril, Portugal How to rule the world... by looking at packets! Turning Wireshark into a Traffic Monitoring Tool: Moving from packet details to the big picture.”
- [29] ntop.org, “nProbe documentation — nProbe 8.5 documentation.” [Online]. Available: <https://www.ntop.org/guides/nProbe/>. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [30] http://www.tcpdump.org, “Manpage of TCPDUMP.” [Online]. Available: <http://www.tcpdump.org/manpages/tcpdump.1.html>. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [31] “Secure Copy - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Secure_Copy. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [32] web.mit.edu, “Protocolo SSH.” [Online]. Available: <https://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rges-4/ch-ssh.html>. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [33] wikipedia, “Valores separados por comas - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [34] Elvis Pranskevichus, “What’s New In Python 3.7 — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/whatsnew/3.7.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [35] “pandas: powerful Python data analysis toolkit Release 0.23.4 Wes McKinney & PyData Development Team,” 2018.
- [36] “Guide to Numpy : Travis E. Oliphant : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive.” [Online]. Available: <https://archive.org/details/NumPyBook/page/n25>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [37] “8.1. datetime — Basic date and time types — Python 2.7.15 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/datetime.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [38] “os — Miscellaneous operating system interfaces — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/os.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [39] “28.1. sys — System-specific parameters and functions — Python 2.7.15 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/sys.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [40] “MySQL Connector/Python Developer Guide.”
- [41] “math — Mathematical functions — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/math.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [42] “10.10. shutil — High-level file operations — Python 2.7.15 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/shutil.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [43] “configparser — Configuration file parser — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/configparser.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [44] “Wijnand Modderman-Lenstra,” 2017.
- [45] M. U. Y. Valiosa, “CURSO DE TCP / IP : ICMP (Protocolo de Mensajes de Control de Internet).”
- [46] E. W. Weisstein and E. W. Weisstein, “Media aritmética,” *MathWorld*.
- [47] wikipedia, “Varianza - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Varianza>. [Accessed: 15-Nov-2018].
- [48] R. G. Brown, *Exponential Smoothing for Predicting Demand*. Cambridge, Massachusetts: Arthur D. Little Inc., 1956.
- [49] “MySQL 8.0 Reference Manual - Including MySQL NDB Cluster 8.0.”

- [50] kaspersky, “Qué es un virus troyano | Amenazas de seguridad en Internet | Kaspersky Lab ES.” [Online]. Available: <https://www.kaspersky.es/resource-center/threats/trojans>. [Accessed: 16-Jan-2019].
- [51] “Public PCAP files for download.” [Online]. Available: <https://www.netresec.com/?page=pcapfiles>. [Accessed: 22-Jan-2019].

ANEXO A: INSTALACIÓN DEL PROYECTO

- Script de instalación del proyecto:

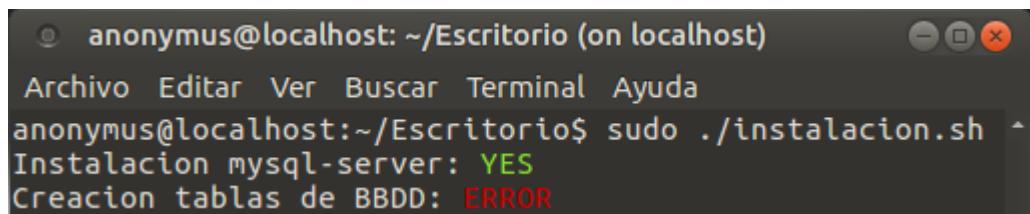
Ejecutamos el script de instalación del proyecto, si no ha habido ningún error el script deberá mostrar **YES** en todas los pasos realizados.



```
● anonymus@localhost: ~/Escritorio (on localhost)
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
anonymus@localhost:~/Escritorio$ sudo ./instalacion.sh
Instalacion mysql-server: YES
Creacion tablas de BBDD: YES
Instalacion nprobe: YES
```

Figura A-0-1 instalación del proyecto.

En caso de que ocurra algún error en un paso del script, la instalación se para y muestra **ERROR** en dicho paso.



```
● anonymus@localhost: ~/Escritorio (on localhost)
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
anonymus@localhost:~/Escritorio$ sudo ./instalacion.sh
Instalacion mysql-server: YES
Creacion tablas de BBDD: ERROR
```

Figura A-0-2 Error en la instalación.

```
1. #!/bin/bash
2. #
3. # @Autor: Agustín Walabonso Lara Romero
4. # @Descripción: Instalación del proyecto
5. #
6.
7. ######
8. # Actualización de los paquetes          #
9. ######
10. sudo apt-get update -y
11.
12. #####
13. # Instalación de MySQL                  #
14. #####
15. sudo apt-get install mysql-server -y
16. if [ $? = 0 ]
17. then
18.     echo -e "Instalacion mysql-server: \e[92mYES\e[0m"
19. else
20.     echo -e "Instalacion mysql-server: \e[0;31mERROR\e[0m"
21.     exit 0
22. fi
23.
24. #####
25. # Creación de las tablas de la base de datos   #
26. ######
```

```

27.     USUARIO_BASE_DATOS='wala'
28.     BBDD=tfg
29.     CREAR_TABLAS=crear_tablas.sql
30.     mysql -u wala -
31.         p$USUARIO_BASE_DATOS $BBDD < $CREAR_TABLAS 2>/dev/null
32.     if [ $? = 0 ]
33.     then
34.         echo -e "Creacion tablas de BBDD: \e[92mYES\e[0m"
35.     else
36.         echo -e "Creacion tablas de BBDD: \e[0;31mERROR\e[0m"
37.         exit 0
38.     fi
39.     #####
40.     # Instalación de nprobe
41.     #####
42.     sudo apt-get install nprobe -y
43.     if [ $? = 0 ]
44.     then
45.         echo -e "Instalacion nprobe: \e[92mYES\e[0m"
46.     else
47.         echo -e "Instalacion nprobe: \e[0;31mERROR\e[0m"
48.         exit 0
49.     fi

```

- Comandos necesarios para la creación del usuario y de la base de datos:

```

1. # Creación del usuario wala con contraseña wala
2. CREATE USER 'wala'@'localhost' IDENTIFIED BY 'wala';
3. # Creación de base datos con nombre tfg
4. CREATE DATABASE tfg;
5. # Conceder al usuario wala permisos con la base de datos
6. GRANT ALL ON tfg.* TO 'wala'@'localhost';

```

- Script de creación de las tablas de la base de datos:

```

1. --
2. -- @Autor: Agustín Walabonso Lara Romero
3. -- @Descripción: Script de creación de las tablas de la base de datos
4. --
5.
6. -- Creación de la tabla de aplicaciones
7. CREATE TABLE IF NOT EXISTS aplicaciones (
8.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
9.     aplicacion VARCHAR(50) NOT NULL,
10.    num_veces INT(11) NOT NULL,
11.    fecha DATE NOT NULL,
12.    hora VARCHAR(2) NOT NULL,
13.    PRIMARY KEY (ip, aplicacion, num_veces, fecha, hora)
14. );
15.
16. -- Creación de la tabla estadísticos
17. CREATE TABLE IF NOT EXISTS estadisticos (
18.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
19.     indicador VARCHAR(40) NOT NULL,
20.     hora INT(11) NOT NULL,
21.     media FLOAT DEFAULT NULL,
22.     varianza FLOAT DEFAULT NULL,

```

```

23.      fecha DATE NOT NULL,
24.      muestras INT(11) DEFAULT NULL,
25.      media_exp FLOAT DEFAULT NULL,
26.      varianza_exp FLOAT DEFAULT NULL,
27.      PRIMARY KEY (ip,indicador,hora,fecha)
28. );
29.
30. -- Creación de la tabla icmp destino
31. CREATE TABLE IF NOT EXISTS icmp_destino (
32.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
33.     ip_destino VARCHAR(50) NOT NULL,
34.     num_veces INT(11) NOT NULL,
35.     fecha DATE NOT NULL,
36.     hora VARCHAR(2) NOT NULL,
37.     PRIMARY KEY (ip,ip_destino,num_veces,fecha,hora)
38. );
39.
40. -- Creación de la tabla logs
41. CREATE TABLE IF NOT EXISTS logs (
42.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
43.     fecha DATE NOT NULL,
44.     hora INT(11) NOT NULL,
45.     tipo VARCHAR(20) NOT NULL,
46.     indicador VARCHAR(50) NOT NULL,
47.     valor INT(11) DEFAULT NULL,
48.     PRIMARY KEY (ip,fecha,hora,indicador,tipo)
49. );
50.
51. -- Creación de la tabla num_app
52. CREATE TABLE IF NOT EXISTS num_app (
53.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
54.     aplicacion VARCHAR(50) NOT NULL,
55.     num_veces INT(11) DEFAULT NULL,
56.     fecha DATE NOT NULL,
57.     hora VARCHAR(2) NOT NULL,
58.     PRIMARY KEY (ip,aplicacion,fecha,hora)
59. );
60.
61. -- Creación de la tabla num_ip
62. CREATE TABLE IF NOT EXISTS num_ip (
63.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
64.     ip_aux VARCHAR(15) DEFAULT NULL,
65.     num_veces INT(11) DEFAULT NULL,
66.     fecha DATE NOT NULL,
67.     hora VARCHAR(2) NOT NULL,
68.     PRIMARY KEY (ip,fecha,hora)
69. );
70.
71. -- Creación de la tabla puertos_destino
72. CREATE TABLE IF NOT EXISTS puertos_destino (
73.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
74.     puerto VARCHAR(50) NOT NULL,
75.     num_veces INT(11) NOT NULL,
76.     fecha DATE NOT NULL,
77.     hora VARCHAR(2) NOT NULL,
78.     PRIMARY KEY (ip,puerto,num_veces,fecha,hora)
79. );
80.
81. -- Creación de la tabla puertos_origen
82. CREATE TABLE IF NOT EXISTS puertos_origen (
83.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
84.     puerto VARCHAR(50) NOT NULL,
85.     num_veces INT(11) NOT NULL,

```

```
86.      fecha DATE NOT NULL,
87.      hora VARCHAR(2) NOT NULL,
88.      PRIMARY KEY (ip,puerto,num_veces,fecha,hora)
89.  );
90.
91. -- Creación de la tabla relacion_ip
92. CREATE TABLE IF NOT EXISTS relacion_ip (
93.     ip VARCHAR(15) NOT NULL,
94.     ip_destino VARCHAR(50) NOT NULL,
95.     num_veces INT(11) NOT NULL,
96.     fecha DATE NOT NULL,
97.     hora VARCHAR(2) NOT NULL,
98.     PRIMARY KEY (ip,ip_destino,num_veces,fecha,hora)
99.   );
```

ANEXO B: ESTRUCTURA DEL PROYECTO

A continuación se muestra a modo de capturas la jerarquía de ficheros hasta la ubicación de los indicadores:

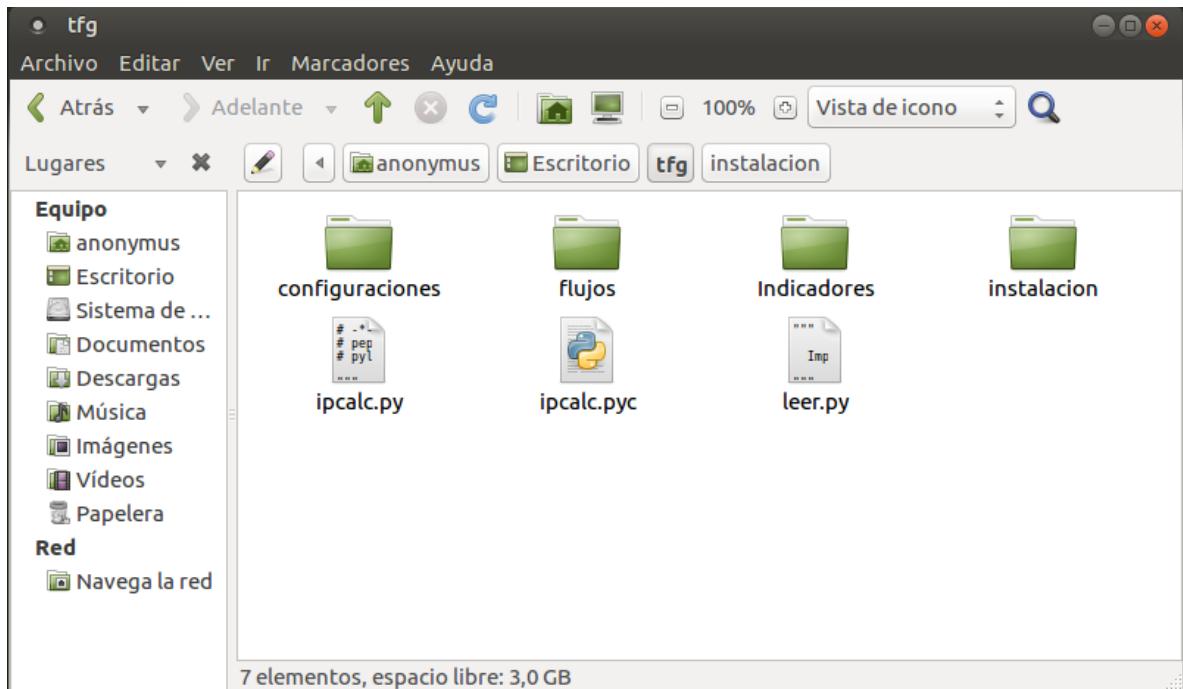


Figura B-0-1 Carpeta tfg.

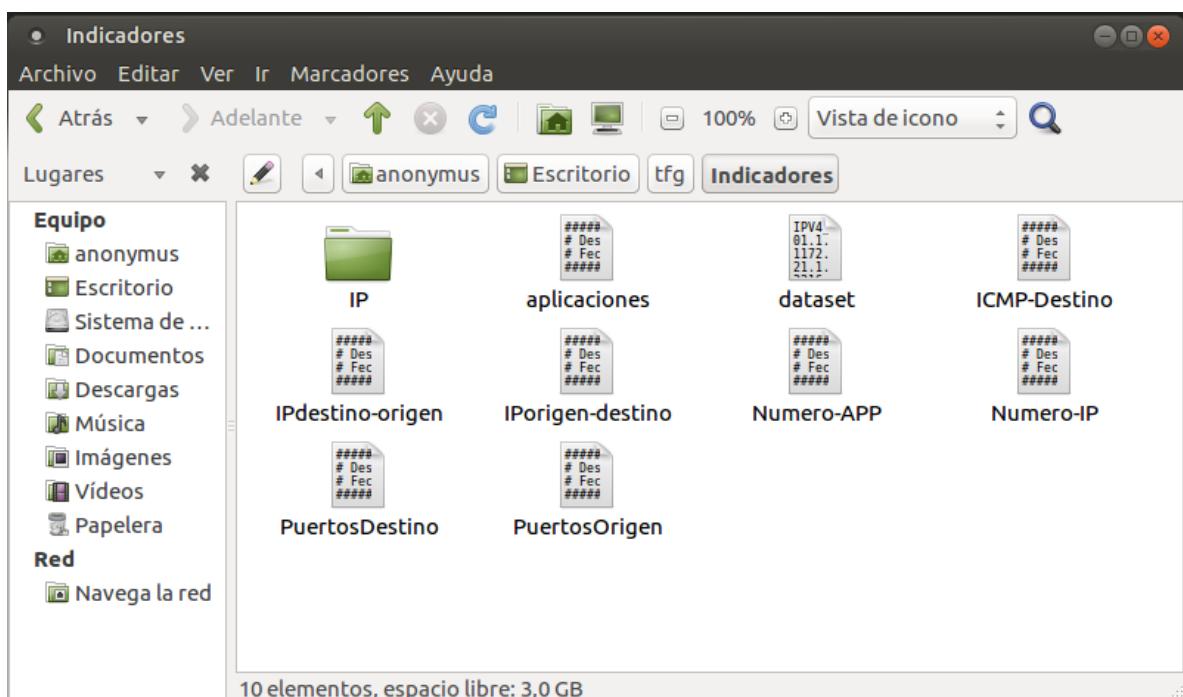


Figura B-0-2 Carpeta indicadores.

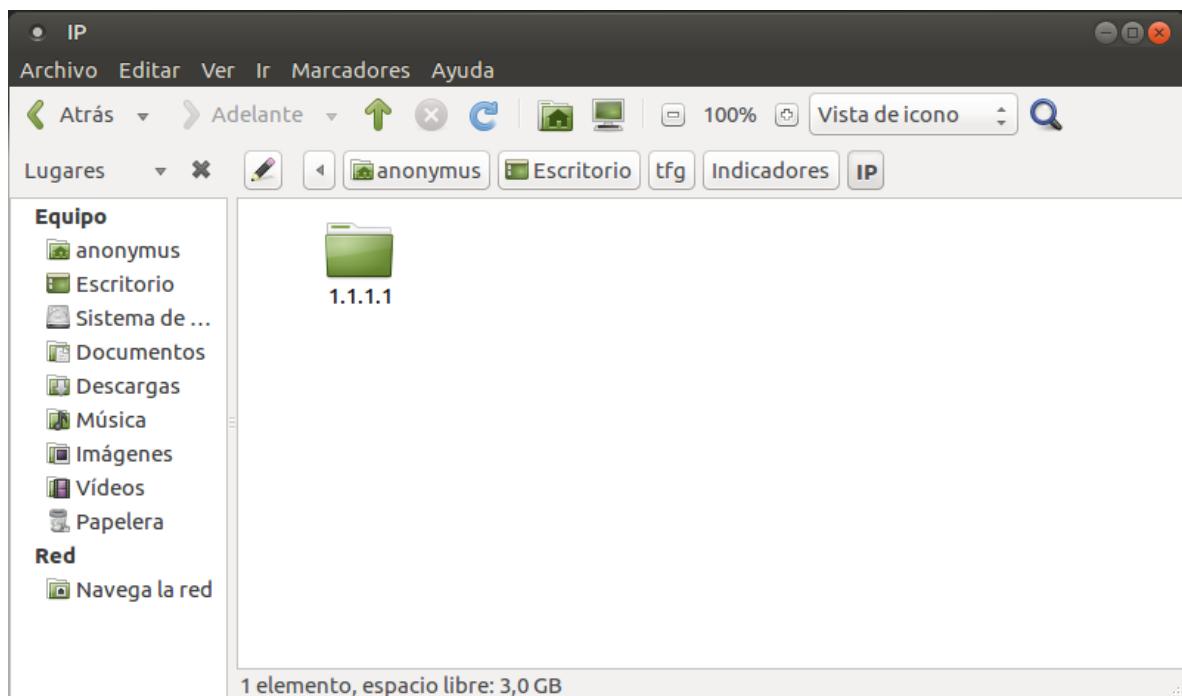


Figura B-0-3 Carpeta IP.

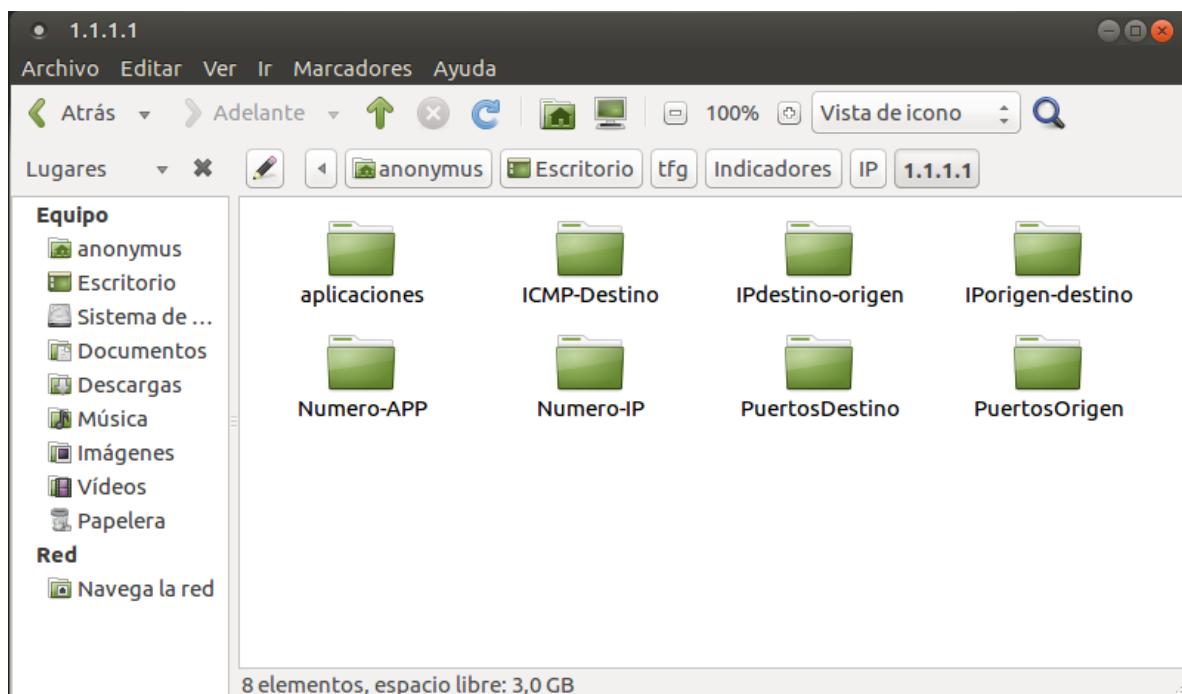


Figura B-0-4 Carpeta 1.1.1.1

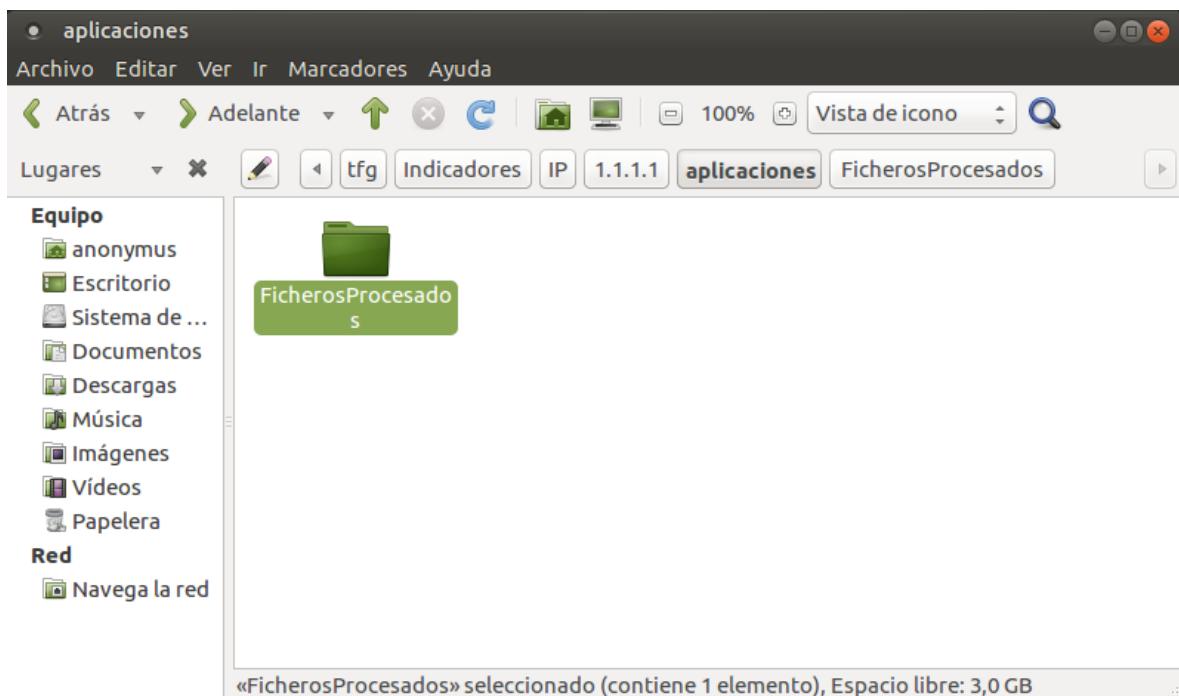


Figura B-0-5 Carpeta indicador aplicaciones.

ANEXO D: FICHERO DE CONFIGURACIÓN

```
1. 
2. # Fichero de configuraciones globales del programa
3. 
4. # Configuraciones de la fecha y hora
5. # en la que se realiza el estudio.
6. # Si se desea que la fecha y hora corresponda
7. # con el archivo de captura realizado, se deberá
8. # poner el valor AUTO, en cambio si se desea asignar una hora
9. # y fecha, debe ser en el formato: yyyyymmddhh por ejemplo,
10.    # 10 de Marzo de 2018 a las 14:00 -> 2018031014
11.    [FECHA]
12.    fecha = 2018041013
13. 
14.    # Configuraciones sobre la Base de datos
15.    [BBDD]
16.    user = wala
17.    password = wala
18.    host = localhost
19.    database = tfg
20.    clean = TRUE
21. 
22.    # Configuraciones llevadas a cabo en las estadísticas
23.    # y comportamiento del sistema
24.    [ESTADISTICAS]
25.    capacidad_ventana = 3
26.    coeficiente_error = 3
27.    aprendizaje = TRUE
28.    eliminar_anomalous = FALSE
29.    alertas_nuevas = TRUE
30.    alpha = 0.3
31. 
32.    # Red sobre la que se desea monitorizar
33.    [TRATAMIENTO]
34.    network = 192.168.0.0/24
```


ANEXO D: CÓDIGO SCRIPT PYTHON

```
1. """
2. Importaciones de Librerias necesarias
3. """
4. import pandas as pd
5. import numpy as np
6. from datetime import datetime, date, time, timedelta
7. import os
8. import sys
9. import json
10.    import mysql.connector
11.    import math
12.    import shutil
13.    import ConfigParser
14.    import ipcalc as ipc
15.
16. """
17.     Parametros obtenidos por el fichero de configuracion
18.     ubicado en configuraciones/configuraciones.conf
19. """
20. pd.options.mode.chained_assignment = None # default='warn'
21. config = ConfigParser.ConfigParser()
22. config.read('configuraciones/configuraciones.conf')
23. fecha = str(config.get('FECHA', 'fecha'))
24. usuario = str(config.get('BBDD', 'user'))
25. password = str(config.get('BBDD', 'password'))
26. host = str(config.get('BBDD', 'host'))
27. database = str(config.get('BBDD', 'database'))
28. clean = str(config.get('BBDD', 'clean'))
29. capacidad_ventana = int(config.get('ESTADISTICAS', 'capacidad_ventana'))
30. coeficiente_error = int(config.get('ESTADISTICAS', 'coeficiente_error'))
31. alpha = float(config.get('ESTADISTICAS', 'alpha'))
32. aprendizaje = str(config.get('ESTADISTICAS', 'aprendizaje'))
33. eliminar_anomalous = str(config.get('ESTADISTICAS', 'eliminar_anomalous'))
34. alertas_nuevas = str(config.get('ESTADISTICAS', 'alertas_nuevas'))
35. network = str(config.get('TRATAMIENTO', 'network'))
36.
37. def calculafecha(flow_start):
38.     """
39.         Funcion que calcula y devuelve la fecha y hora a la que
40.         se ha realizado una captura de flujo IP
41.         Parametros:
42.             flow_start -- milisegundos transcurridos desde
43.             la fecha 1 de julio de 1970
44.                                         a las 01:02:03.123456.
45.                                         (Este parametro es
46.             sumado a la fecha mencionada anteriormente
47.             fecha y hora de la captura realizada)
48.     """
49.     dia_wireshark = datetime.strptime('1970-01-01
50. 01:02:03.123456', '%Y-%m-%d %H:%M:%S.%f')
```

```

48.             dia_wireshark = dia_wireshark +
    timedelta(milliseconds=flow_start)
49.             return str(dia_wireshark.strftime('%Y%m%d%H'))
50.
51.     def calcula_var_exp(alpha, varianza):
52.         """
53.             Funcion que calcula y devuelve la varianza exponencial
54.             Parametros:
55.                 alpha      -- Factor de suavizado para el
56.                 calculo de la varianza
57.                 varianza   -- Valor de la varianza sobre la que
58.                 se realiza el
59.                                         siguiente calculo:
60.                 (varianza_exp = (alpha / (2 - alpha)) * varianza)
61.             """
62.             varianza_exp = (alpha / (2 - alpha)) * varianza
63.             return varianza_exp
64.
65.     def calcula_ema(alpha, lista):
66.         """
67.             Funcion que calcula y devuelve la esperanza exponencial
68.             Parametros:
69.                 alpha      -- Factor de suavizado para el calculo
70.                 de
71.                 lista      -- Conjunto de valores sobre la que se
72.                 realiza
73.                 la esperanza exponencial
74.                 exponentencial:
75.                 el siguiente calculo de la esperanza
76.                 (alpha * lista[i] + (1 - alpha) *
77.                  EXP[i - 1])
78.
79.             """
80.             ema = []
81.             if(len(lista) > 0):
82.                 ema.append(lista[0])
83.                 for i in range(1, len(lista)):
84.                     ema.append(alpha * lista[i] + (1 - alpha) * ema[i
85. - 1])
86.             return ema[len(ema) - 1]
87.
88.     def insertarBaseDatosIndicadores(carpeta, tabla, colum_name):
89.         """
90.             Funcion que inserta valores en base de datos
91.             de los distintos indicadores
92.             Parametros:
93.                 carpeta -- Ubicacion de la carpeta donde se
94.                 encuentra el
95.                 indicador que se desea insertar
96.                 en base de datos
97.                 tabla -- Nombre de la tabla donde se
98.                 desea insertar
99.                 los valores del
100.                indicador
101.                colum_name -- Nombre de la columna de la tabla
102.                donde se desea
103.                insertar los valores del
104.                indicador
105.
106.            """

```

```

93.
94.             if len(os.listdir(carpeta)) > 1:
95.                 cnx = mysql.connector.connect(user = usuario, pass
96.                     word = password, host = host, database = database)
97.                     cursor = cnx.cursor()
98.                     ficheroIP_aux = carpeta
99.                     + '/' + os.listdir(carpeta)[0]
100.
101.                if 'FicherosProcesados' in ficheroIP_aux:
102.                    ficheroIP_aux = carpeta
103.                    + '/' + os.listdir(carpeta)[1]
104.                ficheroIP = open(ficheroIP_aux, 'r')
105.                lines = ficheroIP.readlines()
106.
107.                if(lines[0] != 'NO SE ENCUENTRA LA IP'):
108.                    fecha_aux = lines[0]
109.                    fecha = fecha_aux[0:8]
110.                    hora = fecha_aux[8:]
111.                    ip = lines[1].rstrip('\n')
112.                    i=0
113.                    ayuda_indicador = ''
114.
115.                    if tabla == 'puertos_destino':
116.                        ayuda_indicador = 'D '
117.                    elif tabla == 'puertos_origen':
118.                        ayuda_indicador = 'O '
119.                    elif tabla == 'icmp_destino':
120.                        ayuda_indicador = 'I '
121.                    for linea in lines:
122.                        if(i >= 2):
123.                            linea_aux = linea.split('
124. ')
125.                            r + linea_aux[0]
126.                            indicador = ayuda_indicado
127.                            num_veces = linea_aux[len(
128.                             linea_aux) - 1]
129.                            cursor.execute('INSERT
INTO ' + tabla + ' VALUES ('' + ip + "", "' + indicador + '", ' +
num_veces + ', ' + fecha + ', ' + hora + ')')
130.                            cnx.commit()
131.
132.
133.    def generarAlerta(ip, nuevoIndicador, indicador, fecha, hora, medi
a, varianza, media_anterior, varianza_anterior, nuevo_valor, media_exp,
media_exp_anterior, varianza_exp, varianza_exp_anterior):
134.        """
135.            Funcion que evalua el valor de un indicador a traves de
dos metodos, la media movil exponencial
136.            y la media movil.
137.            En caso de que el sistema no este en modo aprendizaje y
el valor exceda los estandares predefinido
138.            se insertara una alerta en la base de datos de la tabla
de nombre logs.

```

```

139.             Parametros:
140.                     ip --      Direccion IP correspondiente al
141.                     indicador
142.                     nuevoIndicador -- Bandera que vale uno
143.                     cuando aun no existe ningun resgistro para el indicador
144.                     indicador --     Nombre del indicador
145.                     fecha --      Fecha en formato YYYYMMDD que
146.                     corresponde al indicador
147.                     hora --      Hora en formato HH que corresponde
148.                     al indicador
149.                     media --     Calculo de la media del indicador
150.                     incluyendo la ultima muestra
151.                     varianza --    Calculo de la varianza del
152.                     indicador
153.                     incluyendo la ultima muestra
154.                     NO
155.                     varianza_anterior --     Calculo de la
156.                     varianza del indicador
157.                     incluyendo la ultima muestra
158.                     NO
159.                     nuevo_valor --     Valor de la ultima muestra
160.                     del indicador
161.                     media_exp --     Calculo de la media exponencial
162.                     movil del indicador
163.                     incluyendo la ultima muestra
164.                     media_exp_anterior -- Calculo de la media
165.                     exponencial movil del indicador
166.                     incluyendo la
167.                     ultima muestra
168.                     varianza_exp --     Calculo de la varianza
169.                     exponencial movil del indicador
170.                     incluyendo la ultima muestra
171.                     NO
172.                     varianza_exp_anterior -- Calculo de la
173.                     varianza exponencial movil del indicador
174.                     incluyendo la ultima muestra
175.                     NO
176.                     cursor.execute('INSERT INTO logs VALUES ('' + ip
177.                     + '', ' + str(fecha) + ', ' + str(hora) + ', "NUEVO", "' + indicador
178.                     + '", ' + str(nuevo_valor) + ')')

```

```

177.         else:
178.             error = abs(nuevo_valor - media_anterior)
179.             error_exp = abs(nuevo_valor - media_exp_anterior)
180.             if error > coeficiente_error
181.                 * math.sqrt(varianza_anterior) and aprendizaje == 'FALSE':
182.                     cursor.execute('INSERT INTO logs VALUES
183.                         (' + ip + '", ' + str(fecha) + ', ' + str(hora) + ', "ERROR", "' +
184.                         indicador + '", ' + str(nuevo_valor) + ')')
185.                     rellenar = False
186.             if error_exp > coeficiente_error
187.                 * math.sqrt(varianza_exp_anterior) and aprendizaje == 'FALSE':
188.                     cursor.execute('INSERT INTO logs VALUES
189.                         (' + ip + '", ' + str(fecha) + ', ' + str(hora) + ', "ERROR_EXP", "' +
190.                         indicador + '", ' + str(nuevo_valor) + ')')
191.                     rellenar = False
192.             cnx.commit()
193.             cnx.close()
194.             return rellenar
195.     """
196.     Funcion que rellena la tabla Estadisticos, la cual
197.     contiene todos los indicadores con
198.         los calculos estadisticos realizados.
199.     Parametros:
200.         ip -- Direccion IP correspondiente al
201.             indicador
202.         indicador -- Nombre del indicador
203.         hora -- Hora en formato HH que corresponde
204.             al indicador
205.         media -- Calculo de la media del indicador
206.             incluyendo la ultima muestra
207.         varianza -- Calculo de la varianza del
208.             indicador
209.         incluyendo la ultima muestra
210.         fecha -- Fecha en formato YYYYMMDD que
211.             corresponde al indicador
212.         nuevo_valor -- Valor de la ultima muestra
213.         num_muestras -- Numero de muestras del
214.         indicador
215.         media_exp -- Calculo de la media exponencial
216.             incluyendo la ultima muestra
217.         varianza_exp -- Calculo de la varianza
218.             exponencial movil del indicador
219.         incluyendo la ultima muestra
220.         """
221.         rellenar = True
222.         cnx = mysql.connector.connect(user = usuario, password = p
223.             assword, host = host, database = database)
224.         cursor = cnx.cursor()
225.         cursor.execute('SELECT media FROM estadisticos WHERE ip=
226.             "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND indicador = "' + indicador
227.             + '"' + ' order by fecha desc limit 1')
228.         media_anterior = cursor.fetchone()

```

```

215.             cursor.execute('SELECT varianza FROM estadisticos WHERE
216.                 ip= "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND indicador = "' +
217.                     indicador + '"' + ' order by fecha desc limit 1')
218.             varianza_anterior = cursor.fetchone()
219.             cursor.execute('SELECT media_exp FROM estadisticos WHERE
220.                 ip= "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND indicador = "' +
221.                     indicador + '"' + ' order by fecha desc limit 1')
222.             media_exp_anterior = cursor.fetchone()
223.             cursor.execute('SELECT varianza_exp FROM estadisticos
224.                 WHERE ip= "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND indicador = "' +
225.                     indicador + '"' + ' order by fecha desc limit 1')
226.             varianza_exp_anterior = cursor.fetchone()
227.             if media_anterior is None or varianza_anterior is None:
228.                 generarAlerta(ip, True, indicador, fecha, hora, me
229.                     dia, varianza, None, None, nuevo_valor, media_exp, media_exp_anterior,
230.                     varianza_exp, varianza_exp_anterior)
231.             cursor.execute('INSERT INTO estadisticos VALUES
232.                 ("' + ip + '", "' + indicador + '", ' + str(hora) + ',
233.                  ' + str(media) + ', ' + str(varianza) + ', ' + str(fecha) + '
234.                  , ' + str(num_muestras) + ', ' + str(media_exp) + '
235.                  , ' + str(varianza_exp) + ')')
236.             else:
237.                 rellenar = generarAlerta(ip, False, indicador, fec
238.                     ha, hora, media, varianza, media_anterior[0], varianza_anterior[0], nue
239.                     vo_valor, media_exp, media_exp_anterior[0], varianza_exp, varianza_exp_
240.                     anterior[0])
241.             if rellenar :
242.                 cursor.execute('INSERT INTO estadisticos
243.                     VALUES ("' + ip + '", "' + indicador + '", ' + str(hora) + ',
244.                        ' + str(media) + ', ' + str(varianza) + ', ' + str(fecha) + '
245.                        , ' + str(num_muestras) + ', ' + str(media_exp) + '
246.                        , ' + str(varianza_exp) + ')')
247.             cnx.commit()
248.             cursor.close()
249.             cnx.close()
250.             return rellenar
251.
252.         def calcularIndicadores(ip, tabla, indicador, hora, fecha):
253.             """
254.                 Funcion que extrae los datos de las tablas auxiliares
255.                 para
256.                     llevar a cabo el calculo de los indicadores.
257.                 Parametros:
258.                     ip -- Direccion IP correspondiente al
259.                         indicador
260.                     tabla -- Nombre de la tabla donde del
261.                         indicador
262.                     hora -- Hora en formato HH que corresponde
263.                         al indicador
264.                     fecha -- Fecha en formato YYYYMMDD que
265.                         corresponde al indicador
266.             """
267.             eliminar_registro = False
268.             cnx = mysql.connector.connect(user = usuario, password = p
269.                 assword, host = host, database = database)
270.             cursor = cnx.cursor()
271.             cursor.execute('SELECT DISTINCT ' + indicador + ' FROM ' +
272.                 tabla + ' WHERE ip="' + ip + '"')
273.             Indicadores=cursor.fetchall()
274.             for indicador_aux in Indicadores:
275.                 cursor.execute('SELECT num_veces FROM ' + tabla
276.                     + ' WHERE ip= "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND ' + indicador

```

```

+ ' = '' + indicador_aux[0] + '" order by fecha desc limit
+' + str(capacidad_ventana) + ')'
250.                     num_veces = cursor.fetchall()
251.                     flat_list = [item for sublist in num_veces for ite
m in sublist]
252.                     cursor.execute('SELECT num_veces FROM ' + tabla
+ ' WHERE ip= "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND ' + indicador
+ ' = "' + indicador_aux[0] + '" order by fecha desc ')
253.                     num_veces_exp = cursor.fetchall()
254.                     flat_list_exp = [item for sublist in num_veces_exp
for item in sublist]
255.                     flat_list_exp.reverse()
256.                     ema = calcula_ema(alpha, flat_list_exp)
257.                     varianza_exp = calcula_var_exp(alpha, np.var(flat_
list))
258.                     cursor.execute('SELECT num_veces FROM ' + tabla
+ ' WHERE ip= "' + ip + '" AND hora=' + str(hora) + ' AND ' + indicador
+ ' = "' + indicador_aux[0] + '" order by fecha desc limit 1')
259.                     nuevo_valor = cursor.fetchone()[0]
260.                     eliminar_registro = rellenarBaseDatosEstadisticos(
ip, indicador_aux[0], hora, np.mean(flat_list), np.var(flat_list), fech
a, nuevo_valor, len(flat_list), ema, varianza_exp)
261.                     if eliminar_registro == False and aprendizaje == '
FALSE' and eliminar_anomalous == 'TRUE':
262.                         cursor.execute('DELETE FROM ' + tabla + '
WHERE ' + indicador + '=' + '"' + indicador_aux[0] + '"' + ' AND
hora=' + str(hora) + ' AND fecha=' + str(fecha) + ' AND ip=' + ip
+ '"')
263.
264.                     cursor.close()
265.                     cnx.close()
266.
267.     def crearCarpetaIp(carpeta, ipFiltrado, indicador):
268.         """
269.             Funcion que crea dinamicamente una carpeta
270.             que contiene la informacion de un indicador
271.             Parametros:
272.                 carpeta --          Nombre de la carpeta
273.                 ipFiltrado --      Direccion IP asociado al
indicador
274.                 indicador --       Nombre del indicador
275.         """
276.         if (os.path.isdir( carpeta ) == False):
277.             os.makedirs('Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' +
indicador + '/FicherosProcesados')
278.             os.system('touch Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + indicador + '/FicherosProcesados/Historico')
279.
280.     def buscaLinea(palabra, fichero):
281.         """
282.             Funcion que busca una palabra en un fichero
283.             y en caso de existir, devuelve el numero de linea
284.             en el que se encuentra
285.             Parametros:
286.                 palabra -- Palabra que se desea buscar
287.                 fichero -- Nombre del fichero en el que se
busca la coincidencia
288.         """
289.         linea = 0
290.         for line in fichero :
291.             if 'Destino:\t' + palabra in line or 'Origen:\t' +
palabra in line:

```

```

292.                     return linea
293.                 linea += 1
294.
295.     def tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIP):
296.         """
297.             Funcion auxiliar para la generacion de los ficheros
298.             que contienen la informacion de los indicadores
299.             Parametros:
300.
301.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al
302.                 indicador
303.                 carpeta -- Nombre de la carpeta
304.                 indicador -- Nombre del indicador
305.             """
306.             file1 = open(fichero, 'r')
307.             lines = file1.readlines()
308.             linea = buscaLinea(ipFiltrado, lines)
309.             if linea == None:
310.                 return 0
311.             else:
312.                 fileIP = open(ficheroIP, 'wr')
313.                 fileIP.write(fecha + '\n')
314.                 fileIP.write(ipFiltrado + '\n')
315.                 linea += 1
316.                 bandera = 0
317.                 while bandera == 0:
318.                     if '---' not in lines[linea]:
319.                         fileIP.write(lines[linea])
320.                         linea += 1
321.                     else:
322.                         bandera = 1
323.                 fileIP.close()
324.
325.     def mostrarAplicaciones(df, ipFiltrado):
326.         """
327.             Funcion que genera el fichero del indicador de
328.             Aplicaciones
329.             del indicador
330.             y llama a las diferentes funciones para la generacion
331.             en la base de datos
332.             Parametros:
333.                 df -- DataFrame del indicador de
334.                 aplicaciones
335.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al
336.                 indicador
337.             """
338.             Aplicaciones = df.L7_PROTO_NAME.unique()
339.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/apl
340.             icaciones', 'wr')
341.             file.write('#####\n')
342.             file.write('# Descripcion: Aplicaciones detectadas en el
343.             analisis \n')
344.             file.write('# Fecha: ' + fecha
345.                         + '\n')
346.             file.write('#####\n\n')

```

```

343.             file.write('--> Total de
   aplicaciones:\t'+ str(len(Aplicaciones)) +'\n\n')
344.             i=1
345.             for app in Aplicaciones:
346.                 file.write(str(i) + '\t' + app + '\n')
347.                 i+=1
348.             file.write('\n--> Analisis de aplicaciones con IP
   origen:\n')
349.             for ip in df.IPV4_SRC_ADDR.unique():
350.                 file.write('\n-----\n')
351.                 file.write('IP Origen:\t' + ip + '\n')
352.                 file.write(str(df[df['IPV4_SRC_ADDR'] == ip]['L7_P
   ROTO_NAME'].value_counts()))
353.                 file.write('\n-----')
354.             file.close()
355.             os.system('sed -i "dtype:/d" Indicadores/aplicaciones')
356.             os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/aplicaciones')
357.
358.             fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/aplic
   aciones'
359.             ficheroIpAplicaciones = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Ind
   icadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'aplicaciones' + '/' + fecha
360.             crearCarpetasIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
   + '/' + 'aplicaciones', ipFiltrado, 'aplicaciones')
361.             tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIpAplicaciones)
362.             insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tf
   g/Indicadores/IP/' + ipFiltrado
   + '/' + 'aplicaciones', 'aplicaciones', 'aplicacion')
363.
364.     def mostrarDataset(df, ipFiltrado):
365.         df.to_csv('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/datas
   et', sep='\t', encoding='utf-8')
366.
367.     def mostrarIpPuertosDestino(df, ipFiltrado):
368.         """
369.             Funcion que genera el fichero del indicador de Puertos
   destino
370.             y llama a las diferentes funciones para la generacion
   del indicador
371.             en la base de datos
372.
373.             Parametros:
374.
375.                 df -- DataFrame del indicador de
   aplicaciones
376.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al
   indicador
377.             """
378.
379.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Pue
   rtosDestino', 'wr')
380.             file.write('#####\n')
381.             file.write('# Descripcion: Puertos destinos detectados en
   el analisis #\n')
382.             file.write('# Fecha: ' + fecha
   + '\n')
383.             file.write('#####\n')
384.             file.write('--> Puertos destino con el numero de veces
   abiertos: \n\n')

```

```

385.             file.write(str(df.L4_SRC_PORT.value_counts()) + '\n\n -->
   IP destino numero de puertos abiertos')
386.             for ip in df.IPV4_SRC_ADDR.unique():
387.                 df2 = df[df.IPV4_SRC_ADDR == ip]
388.                 puertos = df2.L4_SRC_PORT.unique()
389.                 num_puertos = len(puertos)
390.                 file.write('\n-----')
391.                 file.write('\nIP Origen:\t' + ip + '\n')
392.                 file.write('PUERTOS' + ' ' + str(num_puertos))
393.                 file.write('\n-----')
394.             file.close()
395.             os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/PuertosDestino')
396.             os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/PuertosDestino')
397.
398.             fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Puert
osDestino'
399.             ficheroIpPuertosOrigen = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/In
dicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'PuertosDestino' + '/' + fecha
400.             crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'PuertosDestino', ipFiltrado, 'PuertosDestino')
401.             tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIpPuertosOrigen)
402.             insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tf
g/Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'PuertosDestino', 'puertos_destino', 'puerto')
403.
404.     def mostrarIpPuertosOrigen(df, ipFiltrado):
405.         """
406.             Funcion que genera el fichero del indicador de puertos
origen
407.             y llama a las diferentes funciones para la generacion
del indicador
408.             en la base de datos
409.
410.             Parametros:
411.
412.                 df -- DataFrame del indicador de
aplicaciones
413.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al
indicador
414.             """
415.
416.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Pue
rtosOrigen', 'wr')
417.             file.write('#####\n')
418.             file.write('# Descripcion: Puertos origen detectados en el
analisis \n')
419.             file.write('# Fecha: ' + fecha
+ '\n')
420.             file.write('#####\n\n')
421.             file.write('--> Puertos origen con el numero de veces
abiertos: \n\n')
422.             file.write(str(df.L4_SRC_PORT.value_counts()) + '\n\n -->
IP origen numero de puertos abiertos')
423.             for ip in df.IPV4_SRC_ADDR.unique():
424.                 df2 = df[df.IPV4_SRC_ADDR == ip]
425.                 puertos = df2.L4_SRC_PORT.unique()
426.                 num_puertos = len(puertos)
427.                 file.write('\n-----')
428.                 file.write('\nIP Origen:\t' + ip + '\n')
429.                 file.write('PUERTOS' + ' ' + str(num_puertos))

```

```

430.                     file.write('\n-----')
431.                     file.close()
432.                     os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/PuertosOrigen')
433.                     os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/PuertosOrigen')
434.
435.                     fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Puert
osOrigen'
436.                     ficheroIpPuertosOrigen = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/In
dicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'PuertosOrigen' + '/' + fecha
437.                     crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'PuertosOrigen', ipFiltrado, 'PuertosOrigen')
438.                     tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIpPuertosOrigen)
439.                     insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tf
g/Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'PuertosOrigen', 'puertos_origen', 'puerto')
440.
441.     def mostrarIPoIPd(df, ipFiltrado):
442.         """
443.             Funcion que genera el fichero del indicador de relacion
ip
444.             y llama a las diferentes funciones para la generacion
del indicador
445.             en la base de datos
446.
447.             Parametros:
448.
449.                 df -- DataFrame del indicador de
aplicaciones
450.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al
indicador
451.             """
452.
453.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/PO
rigen-destino', 'wr')
454.             file.write('#####\n')
455.             file.write('# Descripcion: Relacion de IP origen con IP
destino #\n')
456.             file.write('# Fecha: ' + fecha
+ '\n')
457.             file.write('######\n')
458.             for ip in df.IPV4_SRC_ADDR.unique():
459.                 file.write('\n-----')
460.                 file.write('\nIP Origen:\t' + ip + '\n')
461.                 file.write(str(df[df['IPV4_SRC_ADDR'] == ip]['IPV4
_DST_ADDR'].value_counts()))
462.                 file.write('\n-----')
463.             file.close()
464.             os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/IPorigen-
destino')
465.             os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/IPorigen-destino')
466.
467.             fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/POri
gen-destino'
468.             ficheroIpPuertosOrigen = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/In
dicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'IPorigen-destino' + '/' + fecha
469.             crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'IPorigen-destino', ipFiltrado, 'IPorigen-destino')
470.             tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIpPuertosOrigen)

```

```

471.             insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tf
g/Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'IPorigen-
destino', 'relacion_ip', 'ip_destino')
472.
473.     def mostrarIPdIPo(df, ipFiltrado):
474.         """
475.             Funcion que genera el fichero del indicador de relacion
476.             ip
477.             y llama a las diferentes funciones para la generacion
478.             del indicador
479.             en la base de datos
480.
481.             Parametros:
482.                 df -- DataFrame del indicador de
483.                     aplicaciones
484.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al
485.                     indicador
486.                     """
487.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/IPd
estino-origen', 'wr')
488.             file.write('#####\n')
489.             file.write('# Descripcion: Relacion de IP destino con IP
origen\n')
490.             file.write('# Fecha: ' + fecha
491.                         + '\n')
492.             file.write('#####\n')
493.             for ip in df.IPV4_DST_ADDR.unique():
494.                 file.write('\n-----')
495.                 file.write('\nIP Destino:\t' + ip + '\n')
496.                 file.write(str(df[df['IPV4_DST_ADDR'] == ip]['IPV4
_SRC_ADDR'].value_counts()))
497.                 file.write('\n-----')
498.             file.close()
499.             os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/IPdestino-
origen')
500.             os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/IPdestino-origen')
501.             fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/IPdes
tino-origen'
502.             ficheroIpPuertosOrigen = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/In
dicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'IPdestino-origen' + '/' + fecha
503.             crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'IPdestino-origen', ipFiltrado, 'IPdestino-origen')
504.             tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIpPuertosOrigen)
505.
506.     def mostrarDestinoICMP(df, ipFiltrado):
507.         """
508.             Funcion que genera el fichero del indicador de mensajes
509.             icmp
510.             y llama a las diferentes funciones para la generacion
511.             del indicador
512.             en la base de datos
513.
514.             Parametros:
515.                 df -- DataFrame del indicador de
516.                     aplicaciones

```

```

513.                     ipFiltrado --      Direccion IP asociada al
    indicador
514.         """
515.
516.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/ICM-
    P-Destino', 'wr')
517.             file.write('#####\n')
518.             file.write('# Descripcion: ICMPs con IPs origen detectados
    en el analisis \n')
519.             file.write('# Fecha: '+ fecha
    +
    #\n')
520.             file.write('#####\n\n')
521.             file.write('\n--> IP origen con ICMP:\n')
522.             file.write('\n-----\n')
523.             file.write(str(df['IPV4_SRC_ADDR'][df['L7_PROTO_NAME']=='I-
    CMP'].value_counts()))
524.             file.write('\n-----')
525.             file.close()
526.             os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/ICMP-Destino')
527.             os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/ICMP-Destino')
528.
529.             fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/ICMP-
    Destino'
530.             ficheroIpPuertosOrigen = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/In-
    dicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'ICMP-Destino' + '/' + fecha
531.             crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
    + '/' + 'ICMP-Destino', ipFiltrado, 'ICMP-Destino')
532.             tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroIpPuertosOrigen)
533.             insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tf-
    g/Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'ICMP-
    Destino', 'icmp_destino', 'ip_destino')
534.
535.     def mostrarNumIpDistintas(df, ipFiltrado):
536.         """
537.             Funcion que genera el fichero del indicador de
    Aplicaciones
538.             y llama a las diferentes funciones para la generacion de
    numero
539.             IP distintas en la base de datos
540.
541.             Parametros:
542.
543.                 df --      DataFrame del indicador de
    aplicaciones
544.                 ipFiltrado --      Direccion IP asociada al
    indicador
545.         """
546.
547.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Num-
    ero-IP', 'wr')
548.             file.write('#####\n')
549.             file.write('# Descripcion: Numero de IP distintas \n')
550.             file.write('# Fecha: '+ fecha
    +
    #\n')
551.             file.write('#####\n\n')
552.
553.             for ip in df.IPV4_SRC_ADDR.unique():
554.                 df2 = df[df.IPV4_SRC_ADDR == ip]

```

```

555.             IPs_destino = df2.IPV4_DST_ADDR.unique()
556.             num_IPs = len(IPs_destino)
557.             file.write('\n-----\n')
558.             file.write('IP Origen:\t' + ip + '\n')
559.             file.write('DISTINTAS' + ' ' + str(num_IPs))
560.             file.write('\n-----')
561.
562.         file.close()
563.         os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/Numero-IP')
564.         os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/Numero-IP')
565.
566.         fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Numero-IP'
567.         ficheroNumIP = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'Numero-IP' + '/' + fecha
568.         crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'Numero-IP', ipFiltrado, 'Numero-IP')
569.         tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroNumIP)
570.         insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'Numero-IP', 'num_ip', 'ip_aux')
571.
572.     def mostrarNumApp(df, ipFiltrado):
573.         """
574.             Funcion que genera el fichero del indicador de Aplicaciones
575.             y llama a las diferentes funciones para la generacion de numero
576.             aplicaciones distintas en la base de datos
577.
578.             Parametros:
579.
580.                 df -- DataFrame del indicador de aplicaciones
581.                 ipFiltrado -- Direccion IP asociada al indicador
582.             """
583.
584.             file = open('/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Numero-APP', 'wr')
585.             file.write('#####\n')
586.             file.write('# Descripcion: Numero de APPLICACIONES distintas \n')
587.             file.write('# Fecha: ' + fecha + '\n')
588.             file.write('#####\n\n')
589.
590.             for ip in df.IPV4_SRC_ADDR.unique():
591.                 df2 = df[df.IPV4_SRC_ADDR == ip]
592.                 aplicaciones = df2.L7_PROTO_NAME.unique()
593.                 num_app = len(aplicaciones)
594.                 file.write('\n-----\n')
595.                 file.write('IP Origen:\t' + ip + '\n')
596.                 file.write('APPLICACIONES' + ' ' + str(num_app))
597.             file.write('\n-----')
598.
599.         file.close()
600.         os.system('sed -i "/dtype:/d" Indicadores/Numero-APP')
601.         os.system('sed -i "/\.\./d" Indicadores/Numero-APP')
602.

```

```

603.                 fichero = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores/Numer
o-APP'
604.                 ficheroNumApp = '/home/anonymus/Escritorio/tfg/Indicadores
/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'Numero-APP' + '/' + fecha
605.                 crearCarpetaIp('Indicadores/IP/' + ipFiltrado
+ '/' + 'Numero-APP', ipFiltrado, 'Numero-APP')
606.                 tratamientoIP(ipFiltrado, fichero, ficheroNumApp)
607.                 insertarBaseDatosIndicadores('/home/anonymus/Escritorio/tf
g/Indicadores/IP/' + ipFiltrado + '/' + 'Numero-
APP', 'num_app', 'aplicacion')
608.
609.             def limpiarbaseDatos():
610.                 """
611.                     Funcion que limpia la base de datos
612.                 """
613.                 cnx = mysql.connector.connect(user = usuario, password = p
assword, host = host, database = database)
614.                 cursor = cnx.cursor()
615.                 cursor.execute('DELETE FROM aplicaciones;')
616.                 cursor.execute('DELETE FROM puertos_origen;')
617.                 cursor.execute('DELETE FROM puertos_destino;')
618.                 cursor.execute('DELETE FROM relacion_ip;')
619.                 cursor.execute('DELETE FROM num_ip;')
620.                 cursor.execute('DELETE FROM num_app;')
621.                 cursor.execute('DELETE FROM icmp_destino;')
622.                 cursor.execute('DELETE FROM estadisticos;')
623.                 cursor.execute('DELETE FROM logs;')
624.                 cnx.commit()
625.                 cnx.close()
626.
627.             # Lectura del fichero en bruto de IPFIX
628.             ficheroFlujos = sys.argv[1]
629.             df = pd.read_csv(ficheroFlujos)
630.
631.             #Comprobacion de rango de subred para cada IP
632.             lista_ip_filtrado = []
633.             for ip in df['IPV4_SRC_ADDR'].unique():
634.                 if ip in ipc.Network(network):
635.                     lista_ip_filtrado += [ip]
636.
637.             if lista_ip_filtrado:
638.                 # Identificacion de todas las IP internas a la IP 1.1.1.1
639.                 # en el campo L7_PROTO
640.                 df['L7_PROTO'][df['IPV4_SRC_ADDR'].isin(lista_ip_filtrado)
] = '1.1.1.1'
641.                 df = df[(df.L7_PROTO == '1.1.1.1')]
642.
643.             # Obtencion de la fecha inicio de IPFIX
644.             vacio = True
645.             if len(df) > 0:
646.                 inicio = df.FLOW_START_MILLISECONDS.unique()[0]
647.                 vacio = False
648.             if fecha == 'AUTO':
649.                 fecha = calculaFecha(inicio)
650.                 dia = datetime.strptime(fecha, '%Y%m%d%H')
651.                 dia = dia.weekday()
652.
653.             if vacio == False:
654.                 # En caso de que la fecha en la que se reciben datos es
festivo, el sistema
655.                 # no procesara nada
656.                 if dia < 5:

```

```
656.  
657.         if clean == 'TRUE':  
658.             limpiarbaseDatos()  
659.             print 'Limpieza Base de datos OK'  
660.  
661.         for ipFiltrado_aux in lista_ip_filtrado:  
662.             mostrarIpPuertosOrigen(df, ipFiltrado_aux)  
663.             mostrarIpPuertosDestino(df, ipFiltrado_aux)  
664.             )  
665.             mostrarAplicaciones(df, ipFiltrado_aux)  
666.             mostrarIPoIPd(df, ipFiltrado_aux)  
667.             mostrarIPdIPo(df, ipFiltrado_aux)  
668.             mostrarDestinoICMP(df, ipFiltrado_aux)  
669.             mostrarNumIpDistintas(df, ipFiltrado_aux)  
670.             mostrarNumApp(df, ipFiltrado_aux)  
671.             mostrarDataset(df, ipFiltrado_aux)  
672.         else:  
673.             print 'DIA FESTIVO'
```