

Práctica 3

Balanceo de carga en un sitio web

Duración: 3 sesiones

1. Objetivos de la práctica

En esta práctica configuraremos una red entre varias máquinas de forma que tengamos un balanceador que reparta la carga entre varios servidores finales.

El problema a solucionar es la sobrecarga de los servidores. Se puede balancear cualquier protocolo, pero dado que esta asignatura se centra en las tecnologías web, balancearemos los servidores HTTP que tenemos configurados.

De esta forma conseguiremos una infraestructura redundante y de alta disponibilidad.

2. Alternativas para realizar balanceo de carga

Aún cuando existen soluciones comerciales (dispositivos hardware específicos) para esta función, nosotros queremos usar soluciones software que resulten más baratas.

La forma más elemental de balancear la carga entre varios servidores es utilizando el DNS (como se estudió en la teoría). Este tipo de balanceo tiene la ventaja de su simplicidad y eficiencia. Lo único que se necesitan son varios servidores con distintas IP, por lo que es barato, simple y fácil de mantener.

Sin embargo, también presenta algunos inconvenientes: Por un lado, un balanceador puede tener en cuenta la carga de cada equipo y distribuir las peticiones según esas cargas, mientras que al balancear por DNS no se tiene en cuenta la carga de los equipos. Además, si un servidor se cae, el balanceador de carga lo detecta y redirige las peticiones web a los otros servidores, lo que no ocurre cuando se balancea con DNS.

Debido a esos inconvenientes, nosotros utilizaremos balanceo por software. Existen varias alternativas para balancear HTTP por software:

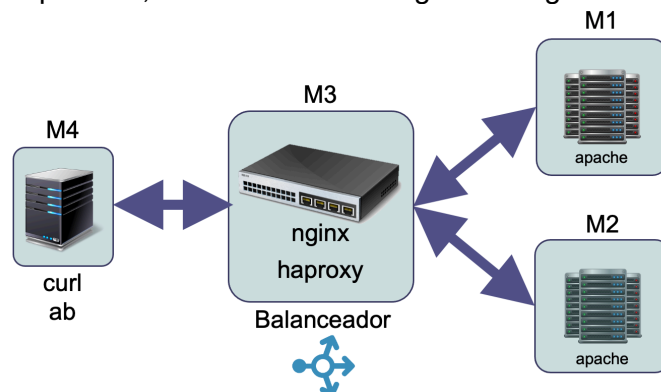
- HaProxy: <http://haproxy.1wt.eu/>
- Pound: <http://www.apsis.ch/pound/>
- Varnish: <http://varnish-cache.org>
- NginX: <http://nginx.org/>
- Lighty: <http://www.lighttpd.net/>
- Apache: <http://httpd.apache.org/>

Los dos primeros son balanceadores y proxy, pueden balancear cualquier tipo de tráfico. Los últimos tres son servidores web que pueden hacer estas funciones (Apache necesita usar los módulos `mod_proxy` o `mod_proxy_balancer`). Lighttpd es un servidor web liviano que soporta balanceo de carga pero no mantiene la sesión del usuario. Por último, nginx es otro servidor web liviano que sí soporta sesiones.

De todas estas opciones utilizaremos nginx y haproxy.

3. Esquema general de la práctica

Así pues, para esta práctica, debemos crear la siguiente organización de red:



Como se puede ver, debemos tener en ejecución las máquinas servidoras finales (M1 y M2, las que hicimos en las practicas anteriores y que ejecutan el servidor Apache).

Además, crearemos una tercera máquina (M3 con Ubuntu Server llamada m3-usuarioUGR y con usuario usuarioUGR y contraseña Swap12324) en la que no debe haber ningún software que se apropie del puerto 80, ya que lo necesitará el software de balanceo para recibir las peticiones HTTP desde fuera de la granja web. Así, en esta máquina M3 no podemos tener instalado Apache (o al menos, que no esté en ejecución).

Una vez instalemos y configuremos el software de balanceo (nginx o haproxy), desde una máquina externa a la granja web (puede ser un terminal en el ordenador anfitrión o puede ser una cuarta máquina virtual M4) ejecutaremos la herramienta curl para hacer peticiones HTTP a la IP de la máquina balanceadora.

4. El servidor web nginx

nginx (pronunciado en inglés “engine X”) es un servidor web ligero de alto rendimiento. Lo usan muchos sitios web conocidos, como: WordPress, Hulu, GitHub, Ohloh, SourceForge, TorrentReactor y partes de Facebook. La página principal (en español) está en <http://wiki.nginx.org/NginxEs>

Debido a su buen rendimiento, se usa como servidor web en lugar del Apache o IIS, aunque uno de los usos más extendidos es como balanceador de carga en un cluster web. De esta forma, el servidor con la IP pública (de cara a Internet) ejecuta el nginx, que se ocupa de redirigir el tráfico a los servidores finales. Estos servidores pueden servir su contenido web con cualquier servidor, por ejemplo, Apache.

4.1. Instalar nginx en Ubuntu Server

El proceso de instalación en Ubuntu se basa en el uso de apt-get. Podemos seguir el tutorial detallado en:

<https://www.liberiangeek.net/2016/07/how-to-install-nginx-webserver-on-ubuntu-16-04/>

Concretamente, para hacer la instalación, se recomienda ejecutar estas órdenes:

```
sudo apt-get update && sudo apt-get dist-upgrade && sudo apt-get autoremove  
sudo apt-get install nginx  
sudo systemctl start nginx
```

Una vez instalado, podemos proceder a su configuración como balanceador de carga.

4.2. Balanceo de carga usando nginx

nginx soporta la realización de balanceo de carga mediante la directiva `proxy_pass`. En nuestro caso nos interesa redirigir el tráfico a un grupo de servidores. Para definir este grupo deberemos dar un nombre al conjunto mediante la directiva `upstream`.

La configuración de nginx se puede hacer para definir balanceos por round-robin (alternando peticiones entre los diferentes servidores del grupo) o por IP de origen, añadiendo la directiva `ip_hash`.

La configuración básica de nginx no nos vale tal cual está, ya que corresponde a una funcionalidad de servidor web (hay que deshabilitar la funcionalidad web en **/etc/nginx/nginx.conf** `#include /etc/nginx/sites-enabled/*;`), así es que tenemos que modificar el fichero de configuración **/etc/nginx/conf.d/default.conf**. Debemos eliminar el contenido que tuviese antes, para crear la configuración que necesitamos. Si ese fichero no existiese, se crea nuevo con el contenido que describiremos a continuación.

Primero definimos qué máquinas formarán el cluster web (y en qué puertos está a la escucha el servidor web correspondiente, en nuestro caso, los servidores Apache). Se trata de la sección "upstream" de la configuración. En esta primera sección es donde vamos a indicar las IP de todos los servidores finales de nuestra granja web.

A continuación de esa sección debemos indicarle al nginx que use ese grupo definido antes ("upstream") son las máquinas a las que debe repartir el tráfico. Se trata ahora de la sección "server". Es importante definir el "upstream" al principio del fichero de configuración, fuera de sección "server". También es importante para que el `proxy_pass` funcione correctamente que indiquemos que la conexión entre nginx y los servidores finales sea HTTP 1.1 así como especificarle que debe eliminar la cabecera Connection (hacerla vacía) para evitar que se pase al servidor final la cabecera que indica el usuario. Así pues, el fichero de configuración en la máquina M3 que es la que tiene el balanceador debe quedar con el contenido siguiente:

```
upstream balanceo_usuarioUGR {
    server ip_maquinaM1;
    server ip_maquinaM2;
}

server{
    listen 80;
    server_name balanceador_usuarioUGR;

    access_log /var/log/nginx/balanceador_usuarioUGR.access.log;
    error_log /var/log/nginx/balanceador_usuarioUGR.error.log;
    root /var/www/;

    location /
    {
        proxy_pass http://balanceo_usuarioUGR;
        proxy_set_header Host $host;
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;
        proxy_http_version 1.1;
        proxy_set_header Connection "";
    }
}
```

En este ejemplo hemos usado balanceo mediante el algoritmo de “round-robin” con la misma prioridad para todos los servidores.

Una vez que lo tenemos configurado, podemos lanzar el servicio nginx como sigue:

```
sudo systemctl start nginx
```

o

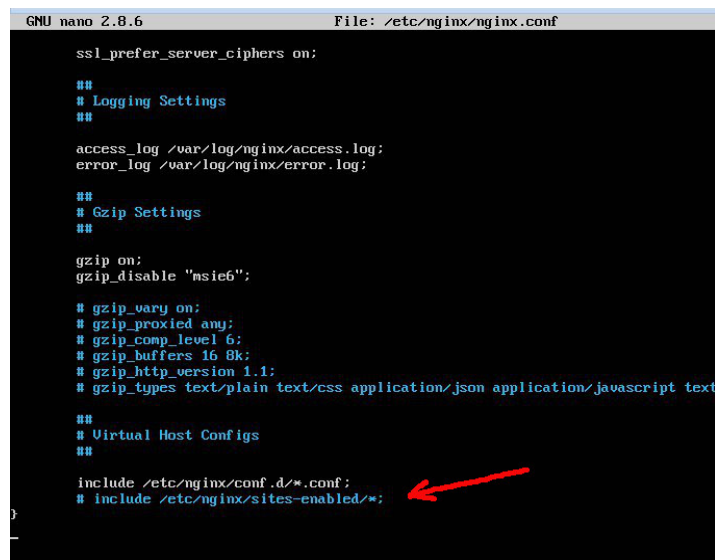
```
sudo service nginx restart
```

si no obtenemos ningún mensaje de error, todo está funcionando correctamente y ya podemos probar la configuración haciendo peticiones a la IP de esta máquina balanceador (M3). Por ejemplo, podemos usar el comando cURL de la siguiente forma:

```
curl http://ip_maquinaM3
curl http://ip_maquinaM3
```

Debería mostrar la página de inicio de cada una de las máquinas, alternativamente, lo que querrá decir que está repartiendo las peticiones entre ambos

Si al lanzarlo hemos obtenido un error o no está funcionando como balanceador, es posible que haya que eliminar la línea que configura nginx como servidor web en el archivo `/etc/nginx/nginx.conf` (está hacia el final del archivo, y es suficiente con comentarla): `# include /etc/nginx/sites-enabled/*;`



```
GNU nano 2.8.6 File: /etc/nginx/nginx.conf

ssl_prefer_server_ciphers on;

##
## Logging Settings
##

access_log /var/log/nginx/access.log;
error_log /var/log/nginx/error.log;

##
## Gzip Settings
##

gzip on;
gzip_disable "msie6";

## gzip_vary on;
## gzip_proxied any;
## gzip_comp_level 6;
## gzip_buffers 16 8k;
## gzip_http_version 1.1;
## gzip_types text/plain text/css application/json application/javascript text

##
## Virtual Host Configs
##

include /etc/nginx/conf.d/*.conf;
# include /etc/nginx/sites-enabled/*;
```

Por otro lado, si sabemos que alguna de las máquinas finales es más potente, podemos modificar la definición del “upstream” para pasarle más tráfico que al resto de las del grupo. Para ello, tenemos un modificador llamado “weight”, al que le damos un valor numérico que indica la carga que le asignamos.

Por defecto tiene el valor 1, por lo que si no modificamos ninguna máquina del grupo, todas recibirán la misma cantidad de carga:

```
upstream balanceo_usuarioUGR {
    server ip_maquinaM1 weight=1;
    server ip_maquinaM2 weight=2;
```

```
}
```

En el ejemplo anterior, la primera máquina la suponemos menos potente o más sobrecargada, así que le hemos asignado menos carga de trabajo que a la segunda (de cada tres peticiones que lleguen, la segunda máquina atiende dos y la primera atenderá una).

Esta configuración es muy útil, pero aún así nos interesará que todas las peticiones que vengan de la misma IP se dirijan a la misma máquina servidora final. Esto es así porque si el usuario está usando una aplicación web que mantiene algún tipo de estado durante la navegación, y el balanceador lo cambia a otra máquina servidora final, puede que reciba algún error.

Para evitarlo, podemos hacer un balanceo por IP, de forma que todo el tráfico que venga de una IP se sirva durante toda la sesión por el mismo servidor final. Para ello, como hemos indicado antes, usaremos la directiva `ip_hash` al definir el upstream:

```
upstream balanceo_usuarioUGR {  
    ip_hash;  
    server ip_maquinaM1;  
    server ip_maquinaM2;  
}
```

La desventaja del balanceo `ip_hash` es que todos los usuarios detrás de un proxy o de un NAT serán dirigidos al mismo backend, lo que puede suponer que el balanceo no sea equilibrado. Para evitar esto, los balanceadores modernos permiten balancear usando una cookie, que sí que identifica a los usuarios finales.

A partir de la versión 1.2 de nginx ya es posible utilizar conexiones con `keepalive` entre el nginx y los servidores finales, de forma que se realice una conexión con una persistencia de múltiples peticiones HTTP en lugar de abrir una conexión nueva cada vez. Nginx plantea varias opciones de conexiones con las directivas `keepalive`, `keepalive_time` y `keepalive_timeout`. Por ejemplo, 3 conexiones:

```
upstream balanceo_usuarioUGR {  
    server ip_maquinaM1;  
    server ip_maquinaM2;  
    keepalive 3;  
}
```

4.3. Opciones de configuración del nginx para establecer cómo se pasará trabajo a las máquinas servidoras finales

Hemos visto algunas opciones de configuración para las máquinas que hay en el grupo de servidores a los que redirigimos el tráfico. Sin embargo, existen otras para gestionar posibles errores o caídas de los servidores:

```
weight = NUMBER
```

permite especificar un peso para el servidor (por defecto es 1).

```
max_fails = NUMBER
```

especifica un número de intentos de comunicación erróneos en "fail_timeout" segundos para considerar al servidor no operativo (por defecto es 1, un valor de 0 lo desactivaría).

`fail_timeout = TIME`

indica el tiempo en el que deben ocurrir "max_fails" intentos fallidos de conexión para considerar al servidor no operativo. Por defecto es 10 segundos.

`down`

marca el servidor como permanentemente offline (para ser usado con `ip_hash`).

`backup`

reserva este servidor y sólo le pasa tráfico si alguno de los otros servidores no-backup está caído u ocupado. No es compatible con la directiva `ip_hash`

Ejemplos:

```
upstream backend {
    server maquina1 weight=5;
    server 127.0.0.1:8080 max_fails=3 fail_timeout=30s;
    server maquina3;
}
```

En este ejemplo, las peticiones se distribuyen mediante round-robin, pero lo hemos modificado de forma que de cada siete peticiones, cinco vayan a la maquina1 y otra a cada unas de las restantes máquinas del grupo (la segunda es el mismo balanceador pero con un servidor web adicional configurado en otro puerto). Además, si ocurre un error, la petición se pasará al siguiente servidor, hasta que se consiga servir o todos den error... También hemos establecido que el segundo servidor espere hasta tres intentos fallidos de conexión antes de dar por considerado ese servidor como no operativo, y esperará 30 segundos entre fallos.

Si en la configuración con `ip_hash` necesitamos apagar uno de los servidores para hacer algún tipo de mantenimiento, debemos marcarlo con la opción `down`:

```
upstream backend {
    ip_hash;
    server maquina1;
    server maquina2;
    server maquina3 down;
    server maquina4;
}
```

A continuación se ofrecen varias páginas de ayuda para profundizar en las posibilidades de configuración de nginx, ya sea como servidor web o como balanceador de carga:

- <http://www.cyberciti.biz/tips/using-nginx-as-reverse-proxy.html>
- http://nginx.org/en/docs/http/ngx_http_upstream_module.html

5. Balanceo de carga con haproxy

haproxy es un balanceador de carga y también proxy, de forma que puede balancear cualquier tipo de tráfico.

Es un software muy adecuado para repartir carga y construir una infraestructura de altas prestaciones. Una configuración básica es sencilla de hacer. Posee muchas opciones para realizar cualquier tipo de balanceo y control de los servidores finales.

Veamos cómo instalar y configurar haproxy para realizar funciones de balanceo de carga sencillas.

5.1. Instalar haproxy

Tras instalar el sistema básico, sólo tenemos que usar apt-get para instalar haproxy:

```
sudo apt-get install haproxy
```

5.2. Configuración básica de haproxy como balanceador

Una vez instalado, debemos modificar el archivo `/etc/haproxy/haproxy.cfg` para indicarle cuales son nuestros servidores (backend) y qué peticiones balancear.

Un balanceador sencillo debe escuchar tráfico en el puerto 80 y redirigirlo a alguna de las máquinas servidoras finales (M1 y M2). Usemos como configuración inicial la siguiente:

```
frontend http-in
    bind *:80
    default_backend balanceo_usuarioUGR

backend balanceo_usuarioUGR
    server m1 ip_maquinaM1:80 maxconn 32
    server m2 ip_maquinaM2:80 maxconn 32
```

Vemos que nuestro balanceador espera conexiones entrantes por el puerto 80 para redirigirlas a las dos máquinas servidoras (en las que tenemos los Apache instalados y escuchando en el puerto 80).

5.4. Habilitar estadísticas del balanceador

Una opción interesante es habilitar el módulo de estadísticas del balanceador. Se puede habilitar añadiendo la configuración en el archivo `/etc/haproxy/haproxy.cfg`

```
global
    stats socket /var/lib/haproxy/stats

listen stats
    bind *:9999
    mode http
    stats enable
    stats uri /stats
    stats realm HAProxy\ Statistics
    stats auth usuario_UGR:usuario_UGR
```

Accede a través de `http://ip_maquinaM3:9999/stats`

5.5. Comprobar el funcionamiento del balanceador

Una vez salvada la configuración en el fichero, lanzamos el servicio haproxy mediante el comando:

```
sudo /usr/sbin/haproxy -f /etc/haproxy/haproxy.cfg
o
```

```
sudo service haproxy restart
```

IMPORTANTE: Al estar escuchando ambos balanceadores (nginx y haproxy) en el mismo puerto (80), los dos a la vez no pueden estar funcionando. Se debería parar uno u otro: `sudo service nginx stop` o `sudo service haproxy stop`

Si no nos sale ningún error o aviso, todo ha ido bien, y ya podemos comenzar a hacer peticiones a la IP del balanceador (como hicimos en el caso del nginx). Por ejemplo, podemos usar el comando cURL de la siguiente forma:

```
curl http://ip_maquinaM3  
curl http://ip_maquinaM3
```

Debería mostrar la página de inicio de cada una de las máquinas, alternativamente, lo que querrá decir que está repartiendo las peticiones entre ambos.

5.4. Resumen

En esta sección hemos hecho una configuración muy básica de haproxy, pero completamente funcional. El programa posee muchas más opciones para realizar cualquier tipo de balanceo y control de los servidores finales. A continuación, se ofrecen varias páginas de ayuda para profundizar en las posibilidades de configuración de haproxy:

- <http://code.google.com/p/haproxy-docs/>
- <http://haproxy.1wt.eu/download/1.4/doc/configuration.txt>

6. Someter a una alta carga el servidor balanceado

Para medir el rendimiento de un servidor necesitaremos una herramienta que ejecute en los clientes para crear una carga HTTP específica (habitualmente alta). En algunos casos, las medidas se realizan con benchmarks como SPECweb o WebStone para simular un número determinado de clientes. Puesto que el número de usuarios de un servidor web puede ser del orden de los millones de usuarios, queda claro que simular un número pequeño de clientes no es realista. Por esta razón, debemos ser cuidadosos al elegir las herramientas a usar, y al ejecutarlas con los parámetros adecuados.

Existen diversas herramientas para comprobar el rendimiento de servidores web. Las hay basadas en interfaz de línea de comandos y de interfaz gráfica. Entre las más utilizadas destacan:

- Apache Benchmark
- siege
- httpperf
- OpenSTA
- JMeter
- openwebload
- the grinder

Lo habitual es usar programas de línea de comandos que sobrecarguen lo mínimo posible las máquinas que estamos usando. En esta práctica usaremos la herramienta Apache Benchmark para comprobar el rendimiento de nuestra granja web recién configurada: <http://httpd.apache.org/docs/2.2/programs/ab.html>

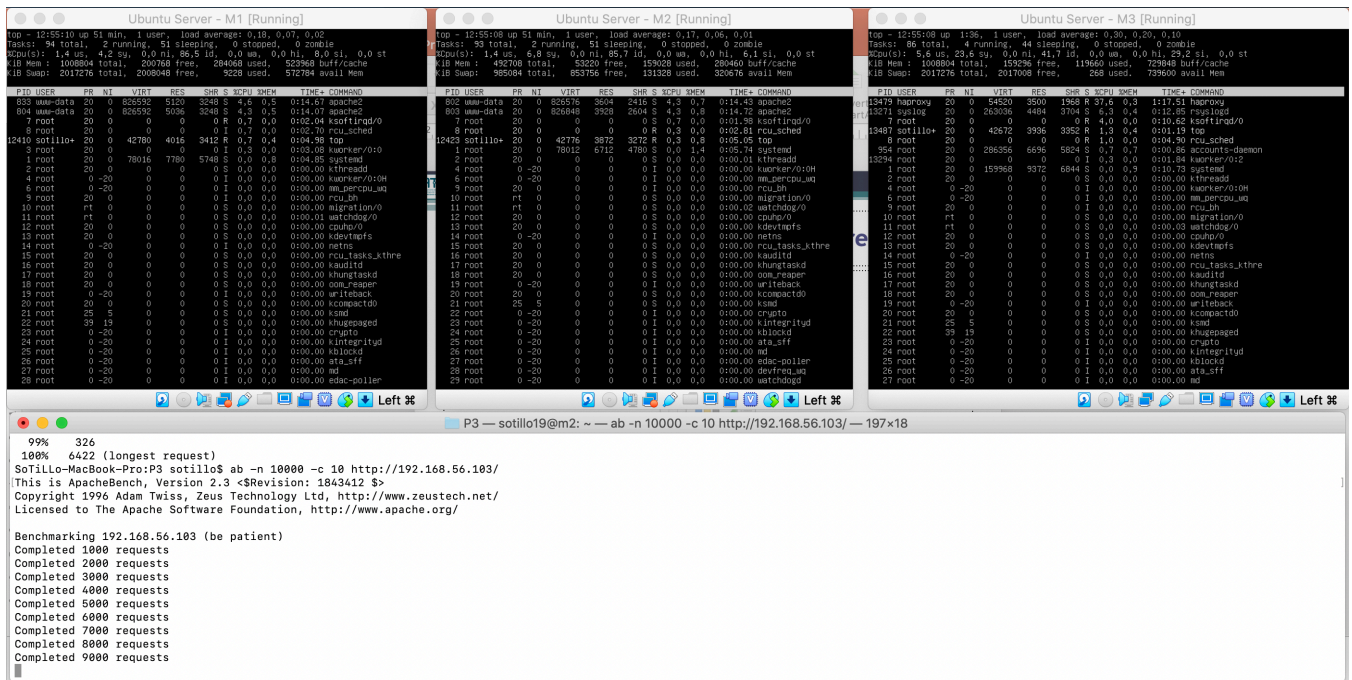
Es conveniente ejecutar los benchmark en otra máquina diferente a las que forman parte de la granja web (servidores web o balanceador), de forma que ambos procesos no consuman recursos de la misma máquina, ya que veríamos un menor rendimiento. Como se ha comentado, Apache Benchmark (ab) es una utilidad que se instala junto con el servidor Apache y permite comprobar el rendimiento de cualquier servidor web. Para utilizarlo debemos entrar en un terminal y ejecutar el comando "ab" como sigue:

```
ab -n 10000 -c 10 http://ip_maquinaM3/swap.html
```

Los parámetros indicados en la orden anterior le indican al benchmark que solicite la página con dirección http://ip_maquinaM3/swap.html 10000 veces (-n 10000 indica el número de peticiones) y hacer esas peticiones concurrentemente de 10 en 10 (-c 10 indica el nivel de concurrencia).

ab no simula con total fidelidad el uso del sitio web que pueden hacer los usuarios habitualmente. En realidad, pide el mismo recurso (misma página) repetidamente, pero para aplicar una carga alta a nuestra granja web será suficiente.

Si mientras la máquina que ejecuta la carga, ejecutamos un "top" en todas las máquinas, podremos apreciar cómo afecta el nivel de peticiones a cada elemento de la granja web:



Al finalizar la ejecución de ab, se obtiene un informe con varios parámetros relativos al rendimiento de la granja web, como peticiones por segundo, tiempo de benchmark, etc.

NOTA: Si el archivo swap.html de las máquinas finales (M1 y M2) difiere en longitud de archivo, debéis utilizar el parámetro -l para indicar que las peticiones tendrán longitud variable.

OPCIONES PARA VER QUE EL BALANCEADOR DISTRIBUYE PETICIONES:

1. Modifica el archivo swap.html en M1 y M2 añadiendo en el título de la web M1 o M2 para, a modo de ejemplo, distinguir que los balanceadores están sirviendo bien las webs de M1 y M2.
2. Ejecuta el script getload.php que proporcionamos en PRADO.

Cuestiones a resolver

En esta práctica el objetivo es configurar las máquinas virtuales de forma que dos hagan de servidores web finales mientras que la tercera haga de balanceador de carga por software.

- En esta práctica **se llevarán a cabo las tareas básicas:**
 1. Configurar una máquina e instalar nginx y haproxy como balanceadores de carga con el algoritmo round-robin
 2. Someter la granja web a una alta carga con la herramienta Apache Benchmark a través de M3, considerando 2 opciones:
 - a) nginx con round-robin
 - b) haproxy con round-robin
 3. Realizar un análisis comparativo de los resultados considerando el número de peticiones por unidad de tiempo

- Como **opciones avanzadas:**
 1. Configurar nginx y haproxy como balanceadores de carga con ponderación, suponiendo que M1 tiene el doble de capacidad que M2.
 2. Habilitar el módulo de estadísticas en HAproxy con varias opciones y analizarlo
 3. Instalar y configurar otros balanceadores de carga (Gobetween, Zevenet, Pound, etc.)
 4. Someter la granja web a una alta carga con la herramienta Apache Benchmark considerando los distintos balanceadores instalados y configurados.
 5. Realizar un análisis comparativo de los resultados considerando el número de peticiones por unidad de tiempo

Para comprobar el funcionamiento de los balanceadores instalados, debemos hacer peticiones a la dirección IP del balanceador y comprobar que realmente se reparte la carga. Para ello, el index.html de las máquinas finales deben ser diferente para ver cómo las respuestas que recibimos al hacer varias peticiones son diferentes (eso indicará que el balanceador deriva tráfico a las máquinas servidoras finales). *Deshabilita la opción de sincronizar directorios www de la práctica anterior.*

Además, se comprobará el funcionamiento de los algoritmos de balanceo round-robin y con ponderación (en este caso supondremos que la máquina M1 tiene el doble de capacidad que la máquina M2).

Para someter a alta carga la granja web alta (gran número de peticiones y con alta concurrencia) debemos usar la herramienta **ab** sobre las distintas configuraciones de los balanceadores instalados (con round-robin y con ponderación). Como resultado, se debe realizar una **comparación del número de peticiones por unidad de tiempo** entre los balanceadores, para poder determinar cuál funciona mejor, reflejando unas conclusiones.

Normas de entrega y evaluación

La práctica se realizará de manera individual. Tiene un peso del 25% del total de prácticas

Se entregará un documento .pdf con el desarrollo de la práctica según el guion detallando, en su caso, los aspectos básicos y avanzados realizados. Se deja a libre elección la estructura del documento el cual reflejará el correcto desarrollo de la práctica a modo de diario/tutorial. En el documento de texto a entregar se describirá cómo se han realizado las diferentes configuraciones (así como comandos de terminal a ejecutar en cada momento).

Para la entrega se habilitará una tarea en PRADO donde se entregará el documento desarrollado siguiendo OBLIGATORIAMENTE el formato **ApellidosNombreP3.pdf**

La práctica se evaluará mediante el uso de rúbrica específica (accesible por el estudiante en la tarea de entrega) y una defensa final de prácticas.

La detección de prácticas copiadas implicará el suspenso inmediato de todos los implicados en la copia (tanto del autor del original como de quien las copió).
OBLIGATORIO ACEPTAR LICENCIA EULA DE TURNITIN

Si la memoria supera un 40% de copia Turnitin → suspenso

del 1-10% → 0

del 11-20% → -1

del 20-30% → -2

del 30-40% → -3

40% → suspenso

Las faltas de ortografía se penalizarán con hasta 1 punto de la nota de la práctica.

Anexo

Para comprobar si hay algún servicio ocupando el puerto 80, podemos hacer uso de la siguiente orden:

```
netstat -tulpn | grep :80
```

y para comprobar qué conexiones hay activas y desde qué IP, podemos utilizar:

```
netstat -an | grep :80 | sort
```

```
netstat | grep http | wc -l
```