

Universidad de Granada

Ingeniería de Servidores

**IOStat,
comprobación experimental de su
funcionamiento y significado de algunas
medidas que más afecten al rendimiento**



3 de mayo de 2015

Índice

1. Resumen	1
2. Introducción	1
3. Memoria	2
3.1. IOStat [4]	2
3.1.1. Informe CPU	3
3.1.2. Informe dispositivos	3
4. Evaluación de prestaciones con IOStat	4
4.1. Definición del sistema	4
4.2. Servicios proporcionados por el sistema	4
4.3. Métricas	4
4.4. Parámetros	5
4.5. Factores	6
4.6. Técnica de evaluación	6
4.7. Carga de trabajo	6
4.8. Diseño experimental	6
4.9. Análisis de datos	7
5. Desarrollo experimental	7
6. Análisis de resultados	8

1. Resumen

Monitorizar el empleo de discos es una función básica en las competencias de un administrador de un servidor.

A lo largo de este texto se analizará un monitor de dispositivos llamado IOStat, que viene por defecto instalado en algunos sistemas UNIX y se constatará su funcionamiento mediante la ejecución de un experimento en que se medirán distintos tipos de medios de almacenamiento: se probarán distintos tipos de disco duro: IDE, SATA, disco duro externo; distintos formatos de partición: NTFS, FAT32,...; distintas revoluciones por minuto: 5400 rpm, 7200 rpm.

2. Introducción

Cuando como administradores de un sistema estamos en la obligación de ofrecer una determinada calidad de servicio (cubrir necesidades mínimas de los usuarios que emplearán el sistema), y deseamos mejorar tanto la utilización de CPU como la utilización de memoria de disco, podemos usar un monitor de CPU o de dispositivos, respectivamente.

La pregunta es por qué es deseable optimizar esta parte de un sistema operativo, cuando hay muchos más campos que se pueden mejorar en un sistema. La respuesta a esta pregunta se basa en que en el empleo de disco se encuentran los mayores cuellos de botella en un ordenador. Porque una transferencia a disco es del orden de 2000000 de veces más lenta que una transferencia a caché de nivel L1, y del orden de 40 veces más lenta que la memoria RAM, y por tanto es potenciablemente optimizable. [1]

IOstat es un ejemplo de estos monitores. Se trata de un sampling monitor (monitor que funciona a intervalos regulares de tiempo), de tipo software, que recoge información sobre el empleo de CPU y de dispositivos basándose en el empleo de la información almacenada en los sistemas UNIX en `/proc`. Concretamente, obtiene sus datos sobre los dispositivos directamente desde `/proc/diskstats`, no existiendo interacción con el administrador/analista.

Entre otras cosas, nos podría ayudar a rebalancear la carga entre discos duros; si por ejemplo tenemos varios discos duros y uno de ellos se emplea más que el resto, en términos de cantidad de datos totales escritos o leídos, puede ayudarnos a redistribuir los archivos a los que más se accede, localizando el disco duro en el que se encuentran; o si incluso uno de los discos duros es más rápido que el resto (información que también puede extraerse de los informes que genera el monitor), podemos colocar los archivos de los usuarios que más uso generen en dicho disco duro para optimizar el sistema. En muchas ocasiones, los archivos más accedidos en un sistema son los del sistema operativo, y por tanto el monitor nos podrá ayudar a determinar a qué disco mover los archivos en función de la rapidez de cada uno. [2]

Su uso principal es la monitorización de la memoria, ya que para la monitorización de la CPU existen herramientas mucho más completas, como el comando de UNIX `top`, pero constituyen sólo un front-end al sistema de archivos `/proc`, y de hecho IOStat no puede mostrar información que un sistema UNIX de por sí tampoco pueda [3]. Su análisis de dispositivos es el aspecto en que nos centraremos en este trabajo.

3. Memoria

3.1. IOStat [4]

El comando `iostat`, del paquete `sysstat` está disponible en UNIX para monitorizar tanto la carga de E/S de un sistema como el uso de la CPU. Para la monitorización E/S se basa en computar el tiempo que un dispositivo de E/S está activo en relación a su ratio tasa de transferencia. El comando está escrito en C, y está disponible bajo licencia GNU Public License v2.

El comando genera dos informes estadísticos: uno sobre el uso de CPU y otro sobre uso de E/S. Para mostrar cada uno, ocultando el otro, basta usar `iostat -c` o `iostat -d` respectivamente. Respecto a las estadísticas CPU, cabe mencionar que si se está ejecutando el comando en un sistema multiprocesador, las estadísticas mostradas constituyen una media de todos los núcleos. Por defecto se muestran ambos informes. La primera vez que el comando ofrece información, muestra las estadísticas recopiladas desde la última vez que se reinició el sistema (por ejemplo siempre que ejecutemos `iostat` a secas ésta será la salida. Las sucesivas veces se muestran estadísticas acumuladas desde la última vez que el comando reunió información sobre el sistema. La sintaxis de la orden es:

```
iostat [opciones] [dispositivo] interval count
```

Donde `opciones` son los distintos flags que se le pueden pasar al comando, entre los que destacan, aparte de los ya mencionados:

- `-j {ID | LABEL | PATH | UUID | ...}`: muestra para cada dispositivo la etiqueta, el UUID,...correspondiente, en función de lo que hayamos indicado en el comando en lugar del descriptor de dispositivo `/dev/sdX` usado para identificar a los dispositivos por defecto.
- `-k`: muestra las estadísticas expresándolas en kilobytes por segundo.
- `-m`: muestra las estadísticas expresándolas en megabytes por segundo.
- `-p`: proporciona estadísticas no sólo para cada dispositivo, sino también para las particiones presentes en cada dispositivo.
- `-t`: hace que en los informes se incluya también un timestamp con la hora a la que corresponden.
- `-x`: muestra estadísticas expandidas. Si no se usa esta opción, se muestran para cada dispositivo solamente los valores: `tps`, `kB_read/s`, `kB_wrtn/s`, `KB_read`, `KB_wrtn` (según le hayamos indicado que muestre los tamaños de datos -en megas o kilobytes). Si se emplea dicha opción se muestra toda la información descrita en 3.1.2, excepto los campos mencionados anteriormente.
- `-y`: omite el primero de los informes (información acumulada desde el último reinicio).
- `-z`: omite en los informes aquellos dispositivos para los que no se registró actividad durante la acumulación de información.

`interval` y `count` son dos números naturales. Son omitibles ambos, o sólo `count`. `interval` indica a IOStat la duración del intervalo de tiempo, en segundos, durante el cual debe recopilar información; una vez vencido ese tiempo se mostrará por pantalla un reporte de información concerniente a ese periodo de tiempo. `count` indica al comando cuántos informes se quieren. Por ejemplo, si se llama al comando de la forma:

```
iostat 5 10
```

entonces `iostat` mostrará 10 informes, uno cada 5 segundos, tanto de estadísticas CPU como de estadísticas de memoria.

Si se omite el parámetro `count` entonces `iostat` mostrará información cada vez que venza el tiempo indicado en `interval`, hasta que se interrumpa su ejecución.

Si se omiten ambos parámetros, se mostrará un único informe (CPU+memoria si no se ha indicado que se muestre uno de ellos solamente).

Por omisión se genera información para todos los dispositivos de memoria disponibles en el sistema, si no se indica lo contrario con el parámetro `dispositivo`. Así, la siguiente llamada a `iostat`:

```
iostat /dev/sda /dev/sdb
```

generaría información únicamente para los dispositivos correspondientes a los dispositivos de descriptors `/dev/sda` y `/dev/sdb`.

3.1.1. Informe CPU

La información aportada incluye:

- `%user`: porcentaje de uso CPU en el nivel usuario (generados por la ejecución de aplicaciones por parte de un usuario).
- `%nice`: porcentaje de uso CPU correspondiente a procesos con prioridad cambiada.
- `%system`: porcentaje de uso CPU en el nivel kernel.
- `%iowait`: porcentaje de tiempo que la CPU ha estado ociosa esperando a peticiones E/S.
- `%steal`: porcentaje de tiempo empleado en espera por un núcleo virtual mientras el hipervisor servía a otro núcleo virtual. Este parámetro es útil cuando se están realizando virtualizaciones, por ejemplo con Virtualbox, y el número de virtualizaciones simultáneas es mayor que el número de núcleos físicos en la máquina.
- `%idle`: porcentaje de tiempo que la CPU estuvo ociosa mientras el sistema no tenía una petición E/S pendiente.

3.1.2. Informe dispositivos

La información mostrada puede incluir (en función de si se emplea la opción `-x` o no):

- `Device`: descriptor de dispositivo `/dev/sdX` o de partición `/dev/sdXn`, donde `X` es una letra única que identifica a cada dispositivo y `n` un número que identifica de forma unívoca cada partición para un dispositivo dado.
- `tps`: número de transferencias por segundo a un dispositivo. Una transferencia es una petición E/S que puede incluir varias peticiones lógicas de E/S mezcladas. Esto es, si se intentan leer varios datos desde disco duro simultáneamente, puede que se hallen en el mismo bloque de disco duro o en bloques contiguos, y varias peticiones de datos dan lugar a una única petición de E/S. Así, una petición de E/S no tiene un tamaño fijo.
- `KB_read/s` (`MB_read/s`): número de KB (o MB) leídos del dispositivo por segundo.
- `KB_wrtn/s` (`MB_wrtn/s`): número de KB (o MB) escritos al dispositivo por segundo.
- `KB_read` (`MB_read`): número de KB (o MB) leídos en total desde el dispositivo.
- `KB_wrtn` (`MB_wrtn`): número de KB (o MB) escritos en total al dispositivo.
- `rrqm/s`: número de peticiones de lectura mezcladas por segundo.
- `wrqm/s`: número de peticiones de escritura mezcladas por segundo.
- `r/s`: número de peticiones de lectura(ya combinadas) completadas por segundo.
- `w/s`: número de peticiones de escritura(ya combinadas) completadas por segundo.

- `rKB/s` (`rMB/s`): equivalente a `KB_read/s` (o `MB_read`).
- `wKB/s` (`wMB/s`): equivalente a `KB_wrtn/s` (o `MB_wrtn`).
- `avgrq-sz`: tamaño medio de las peticiones, en sectores (512 bytes), emitidas al dispositivo.
- `avgqu-sz`: longitud media de la cola para las peticiones emitidas al dispositivo.
- `await`: media en milisegundos que tarda una petición en ser servida (incluyendo tiempo de servicio y de cola).
- `r_await`: media en milisegundos que tarda una petición de lectura en ser servida.
- `w_await`: media en milisegundos que tarda una petición de escritura en ser servida.
- `svctm`: media en milisegundos de tiempo de servicio para las peticiones E/S emitidas al dispositivo.
- `%util`: bandwidth del dispositivo.

4. Evaluación de prestaciones con Iostat

Vamos a efectuar un análisis de prestaciones sobre varios tipos de discos duros, determinando la velocidad de cada disco en la escritura de archivos. Efectuaremos su benchmarking empleando Iostat.

4.1. Definición del sistema

El principal objetivo del estudio es comparar la velocidad del copiado de archivos en varios discos duros con particiones en distintos formatos. En otras palabras, determinar cuál es el tipo de almacenamiento más rápido. El estudio se centrará por tanto en discos duros. Se dispondrá de dos discos duros conectados a la misma placa madre, uno que alojará los datos a transferir, y otro que será el encargado de recibir los datos transferidos.



Figura 1: Equipo usado para el desarrollo experimental

Obviaremos del equipo al que conectaremos los discos duros todo aquellos componentes que no interfieran en la transferencia de archivos o que no resulten determinantes.

4.2. Servicios proporcionados por el sistema

El servicio principal proporcionado por el sistema es la transferencia de datos entre discos duros.

4.3. Métricas

Llamaremos modelo de almacenamiento a la combinación de: sistema de archivos + tipo de conexión del disco duro + velocidad de rotación Para cada modelo de almacenamiento, se evaluará

la velocidad de transferencia. Por tanto, la métrica empleada para evaluar las prestaciones del disco duro será: **número de kilobytes (o MB) escritos en el dispositivo por segundo** (wKB/s o wMB/s en IOSTat).

Asimismo, se hará un análisis de los siguientes datos referentes a los dispositivos, que condicionan la tasa de transferencia (\approx velocidad de transferencia):

- Número de peticiones de escritura completadas en el dispositivo por segundo. (w/s en IOSTat).
- Número de peticiones de escritura mezcladas por segundo ($wrqm/s$ proporciona este dato en IOSTat).
- Tamaño de las peticiones de escritura al dispositivo ($avgrq-sz$ es la media de dichos tamaños en IOSTat).
- Tamaño de la cola en el dispositivo durante la transferencia. ($avgqu-sz$ representa la media del tamaño de la cola en IOSTat).
- Tiempo que tardan las peticiones de escritura en ser servidas. (w_await proporciona la media de dicho tiempo en IOSTat).

También se evaluará el porcentaje de carga CPU del sistema ($\%system + \%user$ en IOSTat), puesto que como se verá posteriormente condiciona mucho las transferencias en NTFS.

4.4. Parámetros

Los parámetros del sistema que influyen en las prestaciones serán: [5]

- Tipo de conexión del disco duro (IDE, SATA, USB 2.0, USB 3.0 ...).
- Tamaño de memoria caché del disco duro.
- Velocidad de rotación del disco duro (3600, 5400, 7200 rpm).
- Tipo de particionado del disco duro (NTFS, FAT32, ...).

Se justifica el porqué hemos escogido como parámetro el tipo de conexión del disco duro, ya que como según [6], una conexión IDE puede alcanzar como mucho los 133 MB/s en transferencia de datos, mientras una conexión SATA oscila entre unos 150 MB/s y 300 MB/s, y por tanto es un factor importante en la determinación de la velocidad de escritura máxima que puede alcanzar una unidad de memoria.

La caché también influye en la velocidad, al permitir al disco duro servir peticiones de manera más fluida que si el disco duro no dispusiese de ella. Tal y como se cita en [7]: *Equilibra el flujo de datos entre la unidad de discos, que es relativamente lenta, y el resto del equipo al aceptar datos más deprisa de lo que pueden grabarse en el disco o leerse del mismo.*

La velocidad de rotación del disco duro, al igual que el tipo de conexión, determina la velocidad a la que pueden escribirse los datos.

Tal y como se reflejará en los resultados, el tipo de particionado puede afectar significativamente a la velocidad de escritura en disco.

Los parámetros de la carga que se consideran influyentes en las prestaciones son:

- Tamaño de transferencia.
- Número de transferencias simultáneas.

Para seleccionar dichos parámetros nos hemos basado en el hecho empírico de que cuando se realiza una única transferencia, el ancho de banda del dispositivo no alcanza el máximo, mientras que si se están realizando varias transferencias simultáneas, el ancho de banda medio está muy cerca del 100 % y por tanto, el disco duro disminuye sus prestaciones.

4.5. Factores

Los factores seleccionados para este estudio son:

- Tipo de conexión del disco duro.
- Tipo de particionado del disco duro.
- Tamaño de caché del disco duro.
- Revoluciones por minuto del disco duro.
- Número de transferencias simultáneas $n = 1, 2, \dots 5$

A pesar de que se han seleccionado como factores los tipos de disco duro y conexión, y la velocidad de rotación, debido a limitaciones de disponibilidad de hardware habrá casuísticas que no podrán evaluarse. Los experimentos se realizarán con el equipo sobre el que se testeará liberado de cargas innecesarias, por lo que consideraremos el error introducido entre medidas en distintos discos duros y el error introducido entre pruebas al mismo disco duro con distinto número de transferencias simultáneas insignificantes.

4.6. Técnica de evaluación

Se dispondrá de un equipo de sobremesa con las siguientes características hardware y software para realizar el experimento:

- Sistema Operativo: Ubuntu 14.04 LTS, 32 bits
- Memoria RAM: 1 GB
- CPU: Intel Celeron 3.06 GHz.

Por tanto la técnica de evaluación seleccionada es **medición sobre un sistema real**. Emplearemos el programa IOSTat para efectuar la monitorización de la transferencia, tomando muestreos de información cada 2 segundos durante la transferencia de los ficheros.

4.7. Carga de trabajo

La carga consistirá en efectuar copias simultáneas de varios ficheros al disco duro. Se ha optado por mantener un fichero de tamaño fijo (599.8 MB) que se copiará 1,2,3...5 veces de forma simultánea desde uno de los discos del sistema al disco duro a evaluar.

4.8. Diseño experimental

Se empleará un diseño multi-factorial fraccionado, dado que no es posible evaluar todos los niveles de todos los factores que afectan al rendimiento.

4.9. Análisis de datos

Para contrastar los distintos datos obtenidos se efectuará una media entre los tiempos obtenidos para 1, 2 . . . 5 transferencias simultáneas y se compararán dichas medias entre los distintos discos, determinando así empíricamente cuál es el disco más rápido.

5. Desarrollo experimental

Dispondremos de varios discos duros (entre paréntesis se incluye el código por el que identificaremos al disco de ahora en adelante):

- [M1] Maxtor 6K040L0, IDE, 2MB caché, 7200 rpm.
- [S1] Seagate ST34321A IDE, 128KB caché, 5400 rpm.
- [S2] Seagate ST320410A IDE, 2MB caché, 5400 rpm.
- [S3] Seagate ST320413A IDE, 512KB caché, 5400 rpm.
- [S4] Seagate ST3320613AS SATA, 16MB caché, 7200 rpm.
- [WD1] Western Digital WD800JD SATA, 8MB caché, 7200 rpm.
- [WD2] Western Digital WDBUZG0010BBK externo, USB 3.0, 5400 rpm.

Se utilizará durante el proceso la versión 10.0.2 del paquete `sysstat`.

Se emplearán particiones de tipo: ext4, FAT32, NTFS, exceptuando el disco [WD1], que sólo se ha podido evaluar formateado en ext4. Aunque la conexión incluida en [WD2] era USB 3.0, sólo ha podido evaluarse con USB 2.0, debido a las características del equipo empleado, que carecía de puerto USB 3.0.

Se ha confeccionado un script `bash` que recoge para los discos duros que le indiquemos (a través de su punto de montaje en el sistema de archivos), las medias de todos los datos proporcionados por `IOStat`, tanto a nivel de CPU, como en la evaluación de dispositivos en un archivo de nombre `averages`. También proporciona los datos recogidos para cada parámetro, ordenados temporalmente según se recogieron, en un archivo de nombre `data`. Realiza 5 iteraciones, realizando en cada iteración i copias simultáneas, donde i es el número de la iteración. Y almacena los datos recogidos en una carpeta de nombre el modelo de disco duro (obtenido mediante el comando `lsblk`), con los datos recogidos clasificados en directorios identificados por el número de copias simultáneas. El script se incluye en el [Anexo](#)

Asimismo, el mencionado script se apoya en otro realizado en `python`, de nombre `iostat_plotter`, disponible para su descarga en [GitHub](#). El software original, dado un archivo de salida de `IOStat` ejecutado de la forma:

```
iostat -c -d -x -t -m interval count > [archivo salida]
```

generaba un informe `.html` de los resultados, así como gráficas de ellos. El software se ha modificado para cambiar el idioma de las gráficas, y para obtener archivos de texto plano con los resultados (medias y listado de resultados, esto es, los archivos `averages` y `data` descritos anteriormente). Para que realizara la segunda función descrita, se incluyó en su código, justo antes de efectuar la impresión de gráficos, el [siguiente](#) código.

También se ha empleado un script `bash` para automatizar el proceso de dar formato a los datos. Para los archivos de datos obtenidos, genera una tabla \LaTeX en la que además se reflejan las medias de las 5 iteraciones, para un modelo de disco duro y un tipo de formato determinados. Se [adjunta](#) en el anexo.

6. Análisis de resultados

Para realizar el análisis, nos basamos en los datos [adjuntos](#), obtenidos mediante los scripts también adjuntos.

Claramente, hay que descartar los datos tomados desde [S2], dado que se observan muchos *outliers* tanto en los MB/s transferidos como en el resto de parámetros medidos. Además, en retrospectiva, el disco duro presentó bastantes dificultades para ser formateado tanto en ext4 como en FAT32. Por poner un ejemplo, se observa que con particionado ext4, una copia tarda 17 veces más que 3 copias simultáneas, y el doble que 5 copias simultáneas. Para FAT32 nos encontramos con la misma situación: una sola copia tarda 6 veces más que 2 copias simultáneas. Y 3 copias simultáneas tardan 4 veces más que 4 copias simultáneas, según los datos recogidos. Se descartan por tanto todos los datos procedentes de [S2] para realizar el análisis.

El modelo de almacenamiento que presenta mejores resultados para ext4 y FAT32 es el disco duro [S4], de conexión SATA, 16 MB de caché y 7200 rpm, obteniendo medias en ext4 y en FAT32 de 90 MB/s y 66.752 MB/s, muy superiores a las medias del segundo mejor disco, el [M1]: 69.238 MB/s y 40.839 MB/s, respectivamente.

En contraste, el disco que mejores prestaciones presenta para el sistema de archivos NTFS es el [M1], con una media de 16.855 MB/s en transferencias frente a los 14.522 MB/s del [S4].

Analizando en profundidad el resto de datos extraídos, se observa que el producto del número de peticiones de escritura completadas por segundo por el tamaño medio de las peticiones de escritura en sectores por los 0.5 KB que ocupa cada sector nos devuelve un dato muy próximo a la tasa de transferencia en MB/s del dispositivo, como debía de verificarse teóricamente.

Resulta especialmente llamativo que la tasa de transferencia en NTFS sea en todos los casos más pequeña que la tasa de transferencia en ext4 y FAT32. Según los datos de que disponemos, el formato ext4 es mucho más rápido que el FAT32 y el NTFS. Este dato podría guardar algún tipo de correlación con el hecho de que en todos los discos evaluados la longitud de la cola de espera de escritura en disco es mucho menor en NTFS que en FAT32 y ext4 y se mezclan muchas más peticiones de escritura por segundo. Asimismo, también es observable en vista de las medias obtenidas para el experimento que el tamaño de las peticiones de escritura en FAT32 resulta más pequeño que en ext4 y NTFS, excepto en el caso de [WD2]. También se observa que en todos los discos, la carga CPU que genera una transferencia NTFS es mucho mayor que la que genera una transferencia FAT32 o una ext4, llegando en casos a rozar el 100 % de utilización como en las transferencias efectuadas en [M1] y [S4].

Asimismo, en general, no puede afirmarse nada acerca de cómo afecta el número de transferencias simultáneas a la tasa de transferencia, aunque a priori se pensaba que un mayor número de transferencias simultáneas podía dar lugar a una velocidad de transferencia peor, al ser el ancho de banda del disco en cuestión cercano al 100 %. Así, en las tablas de resultados [adjuntas](#), hay casos como el [M1], formateado en ext4, donde 5 transferencias a la vez arrojan una mayor tasa de transferencia que 1 sola copia simultánea. Y hay casuísticas como [S1] formateado en FAT32, donde la tasa de transferencia es mayor para una transferencia simultánea que para más transferencias simultáneas.

Resulta especialmente reseñable que a pesar de ser [WD1] un disco con conexión SATA (más rápido que IDE), 4 veces más caché que [M1] y la misma velocidad de rotación, tenga [M1] una tasa de transferencia más alta en ext4, que es la única casuística que podemos evaluar, habiéndose obtenido 54.618 MB/s frente a 69.238 MB/s.

Asimismo, también se observa que el disco [WD2] a pesar de ser un dispositivo externo conectado mediante USB, sea mucho más rápido que [S1], disco duro IDE, que es una conexión más rápida que USB 2.0 y más si cabe teniendo ambos discos el mismo número de revoluciones por minuto (133 MB/s de IDE, como anteriormente se ha afirmado, frente a los 480 Mbit/s (=60 MB/s) que se afirma en [8] que posee una conexión USB 2.0).

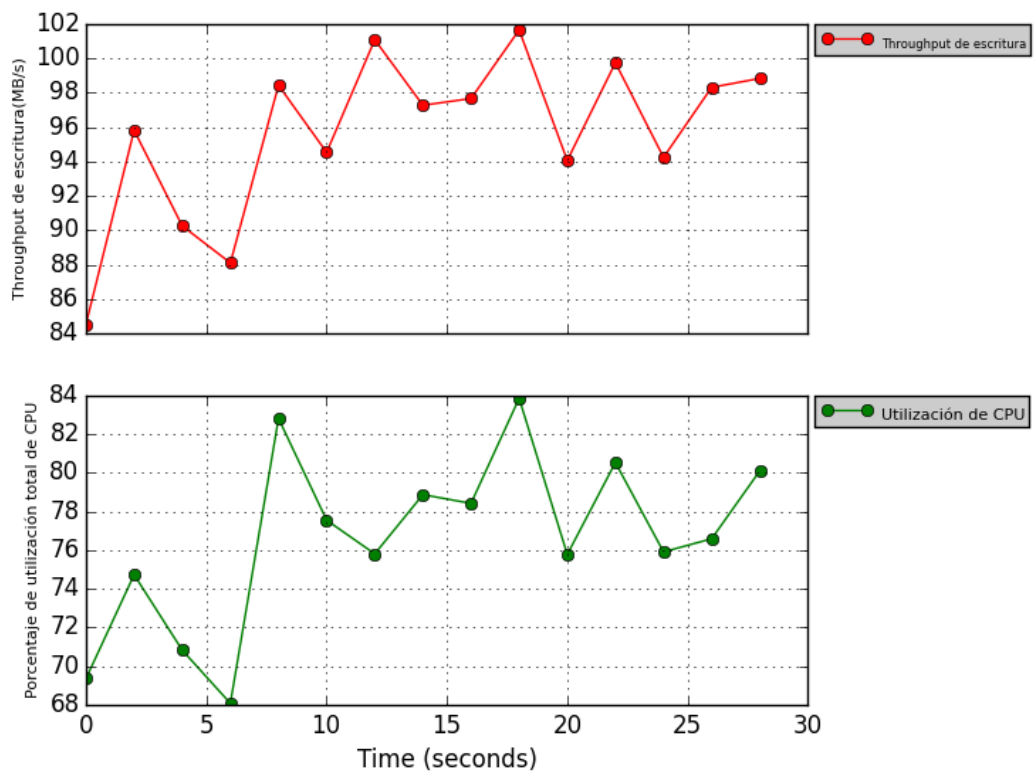


Figura 2: Throughput de escritura para ext4 y 5 transferencias simultáneas en [S4]

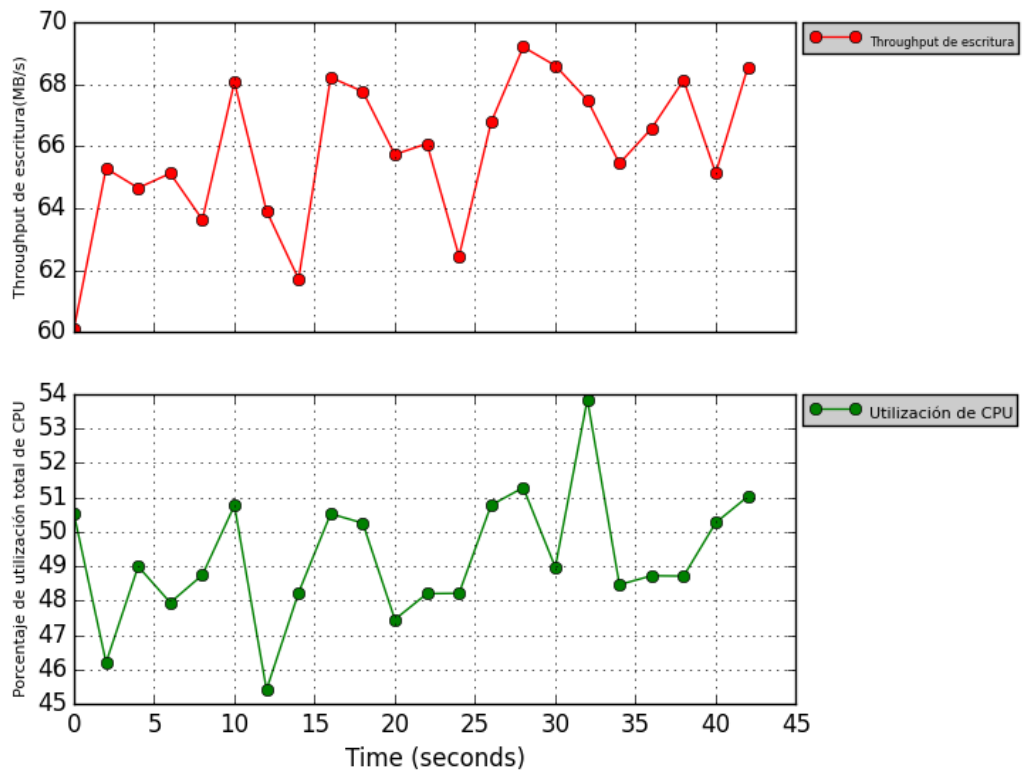


Figura 3: Throughput de escritura para FAT32 y 5 transferencias simultáneas en [S4]

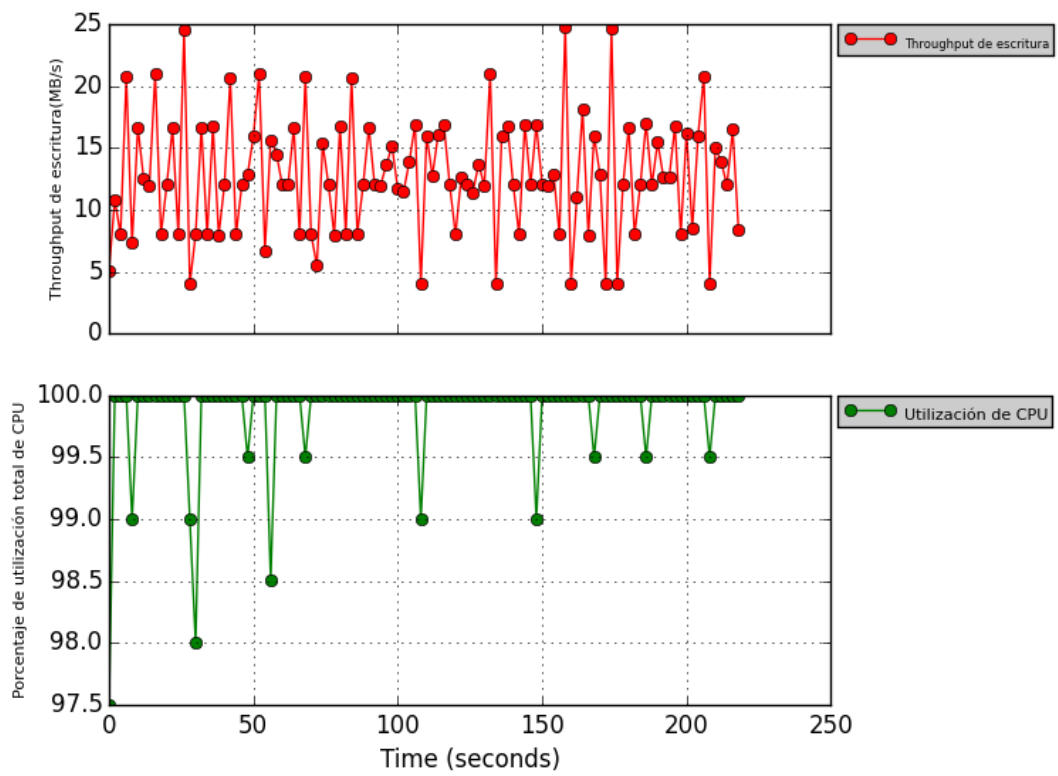


Figura 4: Throughput de escritura para NTFS y 5 transferencias simultáneas en [S4]

Anexo

Script bash para realizar mediciones sobre discos

```
#!/bin/bash

# Rutas de montaje de los discos a analizar
PATHS="/media/usuario/5206ba37-ffc6-4ba5-9de3 /media/usuario/NTFS /"
# Nombre de fichero que se copiará
TFILE="testfile"
# Nombre que se le dará a cada uno de los ficheros transferidos
DEST="copiedfile"
# Número máximo de transferencias simultáneas
LIMIT=5
# Frecuencia de muestreo de iostat
FREQ="2"
# Flags de iostat
FLAGS="-y -c -d -x -t -m"
export LC_NUMERIC=en_US.UTF-8 LC_TIME=en_US.UTF-8

# Se borran las carpetas de destino
for p in ${PATHS}
do
    rm -r $p/temp/* 2> /dev/null
done

for k in `seq 1 $LIMIT`
do
    NUM_COPIES=$k

    # Para cada disco y un número de copias simultáneas k dado...
    for p in ${PATHS}
    do
        PIDS=""
        HDD=$(lsblk -io MODEL,MOUNTPOINT | sed '/^\s*$/d' | grep -B1 "$p" | head -1)
        DIR=${HDD// }
        DEVICE=$(df -h | grep ".$p*" | grep -o "[^[:blank:][:digit:]]*")

        LOG=./${DIR}/log-${k}.out

        mkdir $p/temp 2> /dev/null
        mkdir ${DIR} 2> /dev/null
        (iostat ${FREQ} ${FLAGS} ${DEVICE} > ${LOG})&
        IOSPID=$!

        for i in `seq 1 $NUM_COPIES`
        do
            cp ${TFILE} $p/temp/${i}${DEST} &
            PIDS="${PIDS} $!"
        done

        # Se espera a que terminan las copias para seguir
        wait ${PIDS}

        # Interrumpe la ejecución de IOStat. Las copias ya han terminado
        kill ${IOSPID} &> /dev/null
        wait ${IOSPID} &> /dev/null
    done
done
```

```

# Genera las gráficas y los archivos de datos
./iostat_plotter_v3.py ${LOG}
mv REPORT ${LOG%.out}

# Limpia el directorio para la siguiente ejecución
rm -r $p/temp/* 2> /dev/null
done

sleep 2
done

```

Script python (porción) para graficar resultados y obtenerlos en texto plano

```

# -----
# Create files with useful analytics data
# -----

def mean(l):
    return str(sum(l)/float(len(l)))

avg_file = open(dirname + '/averages', 'w')
data_file = open(dirname + '/data', 'w')
first_it = 0

avg_file.write("cpu averages\n")
avg_file.write("\tuser: " + mean(user_list) + '\n')
avg_file.write("\tnice: " + mean(nice_list) + '\n')
avg_file.write("\tsystem: " + mean(system_list) + '\n')
avg_file.write("\tiowait: " + mean(iowait_list) + '\n')
avg_file.write("\tsteal: " + mean(steal_list) + '\n')
avg_file.write("\tidle: " + mean(idle_list) + '\n')

data_file.write(str(len(device_data_list[0]["util"])) + " datos recogidos\n")
data_file.write("\ncpu data:\n\n")
data_file.write("user" + '\n' + str(user_list) + '\n')
data_file.write("nice" + '\n' + str(nice_list) + '\n')
data_file.write("system" + '\n' + str(system_list) + '\n')
data_file.write("iowait" + '\n' + str(iowait_list) + '\n')
data_file.write("steal" + '\n' + str(steal_list) + '\n')
data_file.write("idle" + '\n' + str(idle_list) + '\n')

for dev in device_data_list:
    avg_file.write(dev["device"] + " averages:\n")
    data_file.write('\n' + dev["device"] + " data:\n\n")

    for it in dev:
        if (it != "device"):
            avg_file.write('\t' + it + ": " + mean(dev[it]) + '\n')
            data_file.write(it + '\n' + str(dev[it]) + '\n')

avg_file.close()
data_file.close()

```

Script para generar tablas $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ a partir de los resultados

```

#!/bin/bash

HDD="Maxtor6K040L0 ST34321A ST320410A ST320413A ST3320613AS WD800JD WDBUZG0010BBK"
FS="ext4 fat32 ntfs"

```

```

PARAMS="wMB w wrqm avgrqsz avgqsz cpu"

declare -A TEXT=(["wMB"]="MB/s transferidos"
                  ["w"]="Media pet. escritura completadas por segundo"
                  ["wrqm"]="Peticiones de escritura mezcladas por segundo"
                  ["avgrqsz"]="Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)"
                  ["avgqsz"]="Longitud media de la cola de escritura"
                  ["cpu"]="Utilización en \% de la CPU")

declare -A IDS=(["Maxtor6K040L0"]="M1"
                 ["ST34321A"]="S1"
                 ["ST320410A"]="S2"
                 ["ST320413A"]="S3"
                 ["ST320613AS"]="S4"
                 ["WD800JD"]="WD1"
                 ["WDBUZG0010BBK"]="WD2")

SIZE=5
FIRST_IT="wMB"
DATA_DIR="./data"
# Floating point numbers precision
PREC=3

for hdd in $HDD
do
    echo '\begin{longtable}{|>{\centering}m{5cm}|c|c|c|}'
    echo -n "\caption{Tabla de resultados para [${IDS[$hdd]}]}"
    echo '\\'
    echo '\hline'

    for p in $PARAMS
    do
        if [[ $p == ${FIRST_IT} ]]
        then
            echo -n "\cellcolor{blue!25}\textbf[${TEXT[$p]}] & \cellcolor{blue!25}\textbf{ext4} & \cellcolor{blue!25}\cellcolor{blue!25}\textbf{FAT32} & \cellcolor{blue!25}\textbf{NTFS}"
            echo '\\'
            echo '\hline'
        else
            echo -n "\cellcolor{blue!25}\textbf[${TEXT[$p]}] & \multicolumn{3}{c|}{\cellcolor{blue!25}}"
            echo '\\'
            echo '\hline'
        fi
    done

    for j in `seq 1 ${SIZE}`
    do
        echo -n "$j copias simultáneas"

        for fs in $FS
        do
            if [[ ! $p == "cpu" ]]
            then
                data=$(cat $DATA_DIR/$fs/$hdd/log-$j/averages |
                        grep -o "$p:.*" | egrep -o "[[:digit:]]+\.[[:digit:]]+")
            else
                sum1=$(cat $DATA_DIR/$fs/$hdd/log-$j/averages |
                        grep "user:.*" | grep -o "[[:digit:]].*")
            fi
        done
    done
done

```

```

sum2=$(cat $DATA_DIR/$fs/$hdd/log-$j/averages |
grep "system:.*" | grep -o [[:digit:]].*)
if [[ ! -z "$sum1" ]]
then
    data=$(echo $sum1+$sum2 | bc -l)
fi
fi

echo -n " & "

if [[ ! -z "$data" ]]
then
    case $fs in
        "ext4") ext4v=$(echo $data+${ext4v:-0} | bc -l)
                ;;
        "fat32") fat32v=$(echo $data+${fat32v:-0} | bc -l)
                ;;
        "ntfs") ntfsv=$(echo $data+${ntfsv:-0} | bc -l)
                ;;
    esac
    printf "%.*f" $PREC "$data"
fi
unset data

done

echo '\\\'
echo '\\hline'
done
if [[ ! -z "$ext4v" ]]; then
    ext4v=`printf "%.*f" $PREC "$(echo $ext4v/$SIZE | bc -l)"`
fi
if [[ ! -z "$fat32v" ]]; then
    fat32v=`printf "%.*f" $PREC "$(echo $fat32v/$SIZE | bc -l)"`
fi
if [[ ! -z "$ntfsv" ]]; then
    ntfsv=`printf "%.*f" $PREC "$(echo $ntfsv/$SIZE | bc -l)"`
fi
echo "Media: & $ext4v & $fat32v & $ntfsv \\\\"
echo "\\hline"

unset ext4v
unset fat32v
unset ntfsv
done

echo '\\end{longtable}'
echo '\\newpage'
done

```


Tablas de resultados para los distintos discos

Cuadro 1: Tabla de resultados para [M1]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	55.296	61.770	17.239
2 copias simultáneas	67.077	39.753	16.564
3 copias simultáneas	75.665	37.083	16.885
4 copias simultáneas	74.104	35.284	18.129
5 copias simultáneas	74.046	30.305	15.460
Media:	69.238	40.839	16.855
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	443.368	497.128	138.541
2 copias simultáneas	537.268	339.491	133.580
3 copias simultáneas	606.042	322.767	137.490
4 copias simultáneas	600.829	317.436	148.088
5 copias simultáneas	601.842	280.018	126.727
Media:	557.870	351.368	136.885
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	1.702	29.844	4294.384
2 copias simultáneas	1.799	21.197	4107.007
3 copias simultáneas	2.113	21.606	4209.975
4 copias simultáneas	2.908	22.581	4493.554
5 copias simultáneas	3.364	18.045	3831.088
Media:	2.377	22.655	4187.202
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	255.432	254.476	254.606
2 copias simultáneas	255.617	232.524	253.313
3 copias simultáneas	255.542	228.435	251.001
4 copias simultáneas	252.472	221.354	250.423
5 copias simultáneas	251.938	216.399	249.447
Media:	254.200	230.638	251.758
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	73.584	138.106	18.372
2 copias simultáneas	159.496	143.351	18.202
3 copias simultáneas	188.057	146.220	19.254
4 copias simultáneas	197.096	151.750	21.029
5 copias simultáneas	204.960	156.967	20.958
Media:	164.638	147.279	19.563
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	43.658	49.004	97.337
2 copias simultáneas	44.260	36.506	99.221
3 copias simultáneas	29.243	30.638	99.429
4 copias simultáneas	22.395	25.620	99.589
5 copias simultáneas	17.320	17.250	99.538
Media:	31.375	31.804	99.023

Cuadro 2: Tabla de resultados para [S1]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	9.490	9.855	7.223
2 copias simultáneas	9.104	7.823	6.307
3 copias simultáneas	7.099	6.282	6.224
4 copias simultáneas	8.089	6.805	6.191
5 copias simultáneas	7.309	6.358	6.026
Media:	8.218	7.424	6.394
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	76.400	79.732	62.833
2 copias simultáneas	73.292	66.689	65.941
3 copias simultáneas	57.365	54.928	65.378
4 copias simultáneas	66.371	60.093	65.404
5 copias simultáneas	59.962	56.282	64.255
Media:	66.678	63.545	64.762
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	0.808	26.549	1809.960
2 copias simultáneas	1.089	31.246	1564.927
3 copias simultáneas	1.231	25.848	1553.618
4 copias simultáneas	2.869	27.996	1545.992
5 copias simultáneas	3.166	26.410	1502.070
Media:	1.833	27.610	1595.313
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	254.276	253.131	235.678
2 copias simultáneas	254.353	195.654	207.037
3 copias simultáneas	253.287	191.972	204.263
4 copias simultáneas	249.563	190.852	203.705
5 copias simultáneas	249.311	191.145	201.518
Media:	252.158	204.551	210.440
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	125.261	152.874	169.168
2 copias simultáneas	122.943	81.323	157.752
3 copias simultáneas	114.571	77.061	157.109
4 copias simultáneas	121.004	80.364	156.807
5 copias simultáneas	114.296	90.273	153.359
Media:	119.615	96.379	158.839
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	4.007	2.436	29.066
2 copias simultáneas	2.906	6.791	31.116
3 copias simultáneas	2.093	5.306	32.223
4 copias simultáneas	2.572	5.602	31.887
5 copias simultáneas	2.468	5.083	36.227
Media:	2.809	5.044	32.104

Cuadro 3: Tabla de resultados para [S2]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	17.751	3.420	8.843
2 copias simultáneas	2.228	0.593	13.860
3 copias simultáneas	1.194	22.973	15.809
4 copias simultáneas	7.485	5.909	13.757
5 copias simultáneas	8.274	7.623	14.152
Media:	7.386	8.104	13.284
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	142.543	27.715	71.082
2 copias simultáneas	17.994	5.688	111.964
3 copias simultáneas	9.604	203.712	128.157
4 copias simultáneas	60.899	50.904	112.252
5 copias simultáneas	66.853	67.811	115.847
Media:	59.579	71.166	107.861
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	0.820	3.156	2220.725
2 copias simultáneas	0.187	0.608	3456.680
3 copias simultáneas	0.191	24.938	3963.663
4 copias simultáneas	1.050	7.061	3437.767
5 copias simultáneas	1.484	15.026	3513.472
Media:	0.746	10.158	3318.462
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	149.926	76.198	144.016
2 copias simultáneas	72.232	33.766	227.161
3 copias simultáneas	37.979	218.834	252.201
4 copias simultáneas	236.313	177.620	213.726
5 copias simultáneas	253.466	213.943	249.554
Media:	149.983	144.072	217.331
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	149.071	146.274	93.680
2 copias simultáneas	95.873	144.057	50.832
3 copias simultáneas	146.444	137.704	38.757
4 copias simultáneas	130.410	141.652	77.054
5 copias simultáneas	127.344	142.187	63.518
Media:	129.828	142.375	64.768
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	5.989	2.770	54.359
2 copias simultáneas	0.944	0.500	86.525
3 copias simultáneas	0.429	16.861	98.830
4 copias simultáneas	1.875	2.475	80.329
5 copias simultáneas	2.074	4.707	99.106
Media:	2.262	5.463	83.830

Cuadro 4: Tabla de resultados para [S3]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	34.048	36.007	15.922
2 copias simultáneas	35.415	33.587	16.548
3 copias simultáneas	34.233	22.373	16.068
4 copias simultáneas	31.440	18.975	17.416
5 copias simultáneas	30.546	19.646	13.906
Media:	33.136	26.118	15.972
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	273.093	295.052	128.091
2 copias simultáneas	284.200	315.115	133.328
3 copias simultáneas	277.220	208.574	130.352
4 copias simultáneas	255.712	169.650	141.621
5 copias simultáneas	248.478	178.762	113.840
Media:	267.741	233.431	129.446
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	1.010	35.219	3980.051
2 copias simultáneas	1.484	33.893	4171.009
3 copias simultáneas	1.707	24.768	4002.514
4 copias simultáneas	1.887	20.177	4338.410
5 copias simultáneas	2.115	22.065	3459.422
Media:	1.641	27.224	3990.281
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	255.182	250.013	253.635
2 copias simultáneas	255.114	217.148	253.905
3 copias simultáneas	252.804	208.700	251.598
4 copias simultáneas	251.709	217.056	251.273
5 copias simultáneas	251.695	213.801	249.409
Media:	253.301	221.344	251.964
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	159.213	182.132	48.031
2 copias simultáneas	166.799	174.385	46.982
3 copias simultáneas	165.822	149.225	49.526
4 copias simultáneas	165.150	149.439	60.683
5 copias simultáneas	165.479	150.085	55.159
Media:	164.493	161.053	52.076
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	11.004	13.494	96.054
2 copias simultáneas	10.930	10.287	99.119
3 copias simultáneas	8.852	15.777	99.227
4 copias simultáneas	7.074	11.967	99.468
5 copias simultáneas	6.869	12.038	99.146
Media:	8.946	12.713	98.603

Cuadro 5: Tabla de resultados para [S4]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	61.940	52.928	17.337
2 copias simultáneas	94.810	82.099	14.109
3 copias simultáneas	102.539	66.645	13.731
4 copias simultáneas	95.066	66.245	14.630
5 copias simultáneas	95.643	65.845	12.802
Media:	90.000	66.752	14.522
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	132.337	129.796	35.389
2 copias simultáneas	199.710	214.417	29.247
3 copias simultáneas	279.457	200.332	29.405
4 copias simultáneas	271.334	200.532	31.970
5 copias simultáneas	264.032	203.839	28.323
Media:	229.374	189.783	30.867
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	1.822	32.556	4402.896
2 copias simultáneas	6.393	119.271	3582.779
3 copias simultáneas	100.914	48.755	3485.812
4 copias simultáneas	149.242	45.718	3712.930
5 copias simultáneas	137.734	45.129	3249.371
Media:	79.221	58.286	3686.758
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	957.670	834.782	991.339
2 copias simultáneas	969.530	750.273	930.871
3 copias simultáneas	750.564	628.472	931.370
4 copias simultáneas	717.732	624.472	921.820
5 copias simultáneas	741.854	611.844	921.887
Media:	827.470	689.969	939.457
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	11.575	6.722	2.950
2 copias simultáneas	33.548	31.166	2.064
3 copias simultáneas	51.696	32.362	2.170
4 copias simultáneas	63.048	34.911	2.558
5 copias simultáneas	62.272	36.365	2.347
Media:	44.428	28.305	2.418
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	49.873	42.644	97.760
2 copias simultáneas	82.618	66.080	99.692
3 copias simultáneas	86.580	51.350	99.811
4 copias simultáneas	77.735	49.308	99.864
5 copias simultáneas	76.615	49.247	99.886
Media:	74.684	51.726	99.403

Cuadro 6: Tabla de resultados para [WD1]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	55.058		
2 copias simultáneas	54.182		
3 copias simultáneas	55.673		
4 copias simultáneas	54.398		
5 copias simultáneas	53.780		
Media:	54.618		
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	115.796		
2 copias simultáneas	114.268		
3 copias simultáneas	119.029		
4 copias simultáneas	116.421		
5 copias simultáneas	115.976		
Media:	116.298		
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	1.618		
2 copias simultáneas	60.807		
3 copias simultáneas	3.328		
4 copias simultáneas	5.157		
5 copias simultáneas	9.404		
Media:	16.063		
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	956.510		
2 copias simultáneas	876.590		
3 copias simultáneas	902.436		
4 copias simultáneas	908.610		
5 copias simultáneas	905.233		
Media:	909.876		
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	62.374		
2 copias simultáneas	90.957		
3 copias simultáneas	94.437		
4 copias simultáneas	99.233		
5 copias simultáneas	101.826		
Media:	89.766		
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	33.438		
2 copias simultáneas	18.113		
3 copias simultáneas	21.155		
4 copias simultáneas	19.480		
5 copias simultáneas	16.844		
Media:	21.806		

Cuadro 7: Tabla de resultados para [WD2]

MB/s transferidos	ext4	FAT32	NTFS
1 copias simultáneas	29.155	18.752	6.597
2 copias simultáneas	31.375	26.920	6.206
3 copias simultáneas	31.085	19.115	6.114
4 copias simultáneas	30.720	14.045	5.947
5 copias simultáneas	30.451	13.063	6.007
Media:	30.557	18.379	6.174
Media pet. escritura completadas por segundo			
1 copias simultáneas	252.259	232.745	57.201
2 copias simultáneas	271.790	280.946	54.019
3 copias simultáneas	269.516	229.591	53.528
4 copias simultáneas	266.373	175.113	52.578
5 copias simultáneas	264.668	162.516	53.162
Media:	264.921	216.182	54.097
Peticiones de escritura mezcladas por segundo			
1 copias simultáneas	1.010	18.408	1631.793
2 copias simultáneas	1.741	14.967	1534.691
3 copias simultáneas	1.931	12.845	1511.364
4 copias simultáneas	1.979	11.376	1469.594
5 copias simultáneas	2.513	9.178	1484.590
Media:	1.835	13.355	1526.406
Tamaño medio peticiones escritura(sectores=0.5KB)			
1 copias simultáneas	236.609	161.396	157.229
2 copias simultáneas	236.340	193.868	166.079
3 copias simultáneas	236.161	166.988	175.052
4 copias simultáneas	236.153	160.854	162.779
5 copias simultáneas	235.593	161.263	169.935
Media:	236.171	168.874	166.215
Longitud media de la cola de escritura			
1 copias simultáneas	153.510	164.912	24.403
2 copias simultáneas	162.748	168.354	22.521
3 copias simultáneas	161.417	156.714	22.656
4 copias simultáneas	164.654	151.775	22.703
5 copias simultáneas	163.163	149.872	22.158
Media:	161.098	158.325	22.888
Utilización en % de la CPU			
1 copias simultáneas	17.606	6.451	98.849
2 copias simultáneas	10.741	10.658	99.459
3 copias simultáneas	10.410	10.949	99.500
4 copias simultáneas	9.362	9.159	99.411
5 copias simultáneas	9.163	8.969	99.562
Media:	11.456	9.237	99.356

Referencias

- [1] Ben Mildren. MySQL Team Technical Lead. Pythian.
Monitoring IO performance using iostat and pt-diskstats. MySQL Conerence and Expo 2013
url: <http://www.percona.com/live/mysql-conference-2013/sites/default/files/slides/Monitoring-Linux-IO.pdf>.
- [2] Juan José Merelo
Solución de problemas en un sistema informático. Equilibrio de la carga de trabajo de E/S
url: <http://geneura.ugr.es/~jmerelo/DyEC/Tema3/DyEC-Tema3.html>.
- [3] Sebastien Godard
Iostat README. Miscellaneous
url: <https://github.com/sysstat/sysstat/blob/master/README>.
- [4] Linux User's Manual
man iostat.
- [5] *Guía y tipos de discos duros*
url: <http://discosduros.org/tipos-de-discos-duros/>.
- [6] *SATA vs IDE*
url: <http://www.computer-hardware-explained.com/sata-vs-ide.html>.
- [7] *¿Qué es la memoria caché de un disco y porqué es importante?*
url: <http://www.acronis.com/es-es/resource/tips-tricks/2004/disk-cache.html>.
- [8] *USB 3.0 speed: real and imagined*
url: <http://www.pcworld.com/article/2360306/usb-3-0-speed-real-and-imagined.html>.