

MÓDULO I. Administración de Linux

Sesión 3. Monitorización del sistema.

2025/07/01

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos Principales	2
3. Monitorización del Sistema	2
3.1. Orden uptime y orden w	3
3.2. Orden time	3
3.3. Orden nice y orden renice (Planificación por Prioridades)	4
3.4. Orden pstree	5
3.5. Orden ps	6
3.6. Orden top	7
3.7. Orden free	8
3.8. Orden mpstat	9
3.9. Orden vmstat	10
4. Control y gestión de dispositivos de E/S	12
4.1. Consulta de información de archivos.	13
4.2 Consulta de metadatos del SA	15
5.3. Creación de enlaces a archivos	16
4.4. Archivos especiales de dispositivo	19

1. Introducción

Esta sesión está pensada, en primer lugar, para que el estudiante se familiarice con las distintas herramientas disponibles para poder monitorizar un sistema y así comprobar el rendimiento del mismo y encontrar los problemas que se puedan estar produciendo. Para ello es muy importante tener información sobre: los procesos que están en ejecución, la cantidad de memoria principal disponible, el espacio

disponible en disco, el número de particiones, etc. Cuando un administrador de un sistema detecta un problema de rendimiento debería seguir la siguiente secuencia de pasos:

- Definir el problema lo más detalladamente posible.
- Determinar la causa o causas del problema, para ello se utilizará alguna de las herramientas que veremos en esta sesión.
- Pensar una solución para mejorar el rendimiento del sistema.
- Llevar a cabo dicha solución, diseñando e implementando las modificaciones al sistema necesarias.
- Monitorizar el sistema para determinar si los cambios realizados han sido efectivos.

Nota: Cuando realices cada una de las actividades propuestas en esta sesión de prácticas, no debes limitarte a ejecutar las órdenes de manera automática y apuntar los resultados. Lo importante es analizar los números que se muestran, y ver cómo cambian cuando modificamos la prioridad de un proceso, o cuando se hace uso de manera intensiva del disco.

2. Objetivos Principales

- Conocer y saber usar las órdenes para poder controlar y gestionar el uso de la CPU en un sistema Linux.
- Conocer y saber usar las órdenes para controlar y gestionar la memoria de un sistema.
- Conocer y saber utilizar las órdenes para controlar y gestionar los dispositivos del sistema.
- Saber repartir los recursos del sistema estableciendo límites para éstos.
- Conocer y comprender la diferencia entre los conceptos: metadatos del SA y metadatos de un archivo en particular (**inodo**, en inglés **inode**).
- Conocer y comprender el concepto de archivos de tipo enlace.
- Explorar la potencia de la orden `ls` de cara a la consulta de información del SA.
- Profundizar en la comprensión de la característica “interfase abstracta de trabajo con dispositivos” que proporcionan los SA tipo UNIX.
- Saber crear archivos especiales de dispositivo con la orden `mknod`.
- Conocer los recursos del SA: bloques e inodos, y saber utilizar las órdenes para consultar su estado: Espacio usado y espacio disponibles en un SA, número de archivos creados y cuántos archivos se podrán crear como máximo.

3. Monitorización del Sistema

En este punto vamos a ver algunas órdenes para comprobar el estado del sistema y su rendimiento. Entre otros aspectos, veremos cómo podemos conocer los recursos que consumen los procesos iniciados, qué usuarios están trabajando en el sistema y qué programas se están ejecutando, el trabajo de un procesador o de todos los que haya en el equipo, etc.

3.1. Orden uptime y orden w

Muestra una línea con la siguiente información: la hora actual, el tiempo que lleva en marcha el sistema, el número de usuarios conectados, y la carga media del sistema en los últimos 1, 5 y 15 minutos (es la misma información que devuelve la ejecución de la orden w, la cual muestra los usuarios conectados y lo que están haciendo).

La carga del sistema es el número de procesos en la cola de ejecución del núcleo. Un sistema con un comportamiento normal debe mostrar una carga igual o inferior a 1 (en sistemas multi-core habría que multiplicar este número por el número de cores), aunque se deben tener en cuenta la configuración y el tipo de programas en ejecución.

A continuación se muestra un listado por pantalla de la ejecución de la orden uptime y de la orden w:

```
uptime
```

```
18:32:07 up 15 min, 3 users, load average: 0.20, 0.26, 0.16
```

```
w
```

```
18:33:36 up 17 min, 3 users, load average: 0,04, 0,19, 0,15
```

USER	TTY	FROM	LOGIN@	IDLE	JCPU	PCPU	WHAT
patricia	tty7	:0	18:16	?	20.00s	0.22s	x-session-manag
patricia	pts/0	:0.0	18:19	11:40	0.30s	4.86s	gnome-terminal
patricia	pts/1	:0.0	18:22	0.00s	0.18s	0.00s	w

Responde a las siguientes cuestiones y especifica, para cada una, la opción que has utilizado (para ello utiliza man y consulta las opciones de las órdenes anteriormente vistas): a) ¿Cuánto tiempo lleva en marcha el sistema? b) ¿Cuántos usuarios hay trabajando? c) ¿Cuál es la carga media del sistema en los últimos 15 minutos?

3.2. Orden time

Mide el tiempo de ejecución de un programa y muestra un resumen del uso de los recursos del sistema. Muestra el tiempo total que el programa ha estado ejecutándose (**real**), el tiempo que se ha ejecutado en modo usuario (**user**) y el tiempo que se ha ejecutado en modo supervisor (**sys**), de tal forma que se puede determinar que el tiempo de espera de un proceso es:

$$T_{\text{espera}} = \text{real} - \text{user} - \text{sys}$$

En el siguiente ejemplo hemos ejecutado time con el programa ps, y como podemos observar, primero ejecuta ps y después nos muestra los valores de los distintos tiempos: real, user y sys:

```
time ps
```

PID	TTY	TIME	CMD
5836	pts/1	00:00:00	bash
5896	pts/1	00:00:00	man

```
5906 pts/1      00:00:00 tbl
5907 pts/1      00:00:00 nroff
5908 pts/1      00:00:00 pager
5909 pts/1      00:00:00 locale
5910 pts/1      00:00:02 find
5928 pts/1      00:00:00 ps
```

```
real    0m0.019s
user    0m0.000s
sys     0m0.016s
```

3.3. Orden nice y orden renice (Planificación por Prioridades)

Linux realiza una planificación por prioridades. Por defecto, un proceso hereda la prioridad de su proceso padre.

Se puede establecer el valor de prioridad de un proceso a un valor distinto del que tendría por defecto mediante la orden `nice`. Cuando ejecutas la orden `nice`, lo que haces es iniciar un proceso nuevo y, al mismo tiempo, establecer su prioridad a un valor específico. El rango de valores que permite establecer como parámetro la orden `nice` es $[-20, 19]$. Asignar un valor negativo aumenta la posibilidad de ejecución de un proceso y solamente puede hacerlo el usuario `root`. Los usuarios sin privilegios de administración solo pueden utilizar los valores positivos de este rango, desfavoreciendo así la posibilidad de ejecución de un proceso.

Ejemplos:

```
nice -5 nano # Aumenta en 5 el valor de prioridad de la ejecución de nano
nice --10 nano # Decrementa en 10 el valor de prioridad (sólo usuario root)
```

La orden `renice` permite alterar el valor de prioridad de uno o más procesos en ejecución.

```
renice 14 890 # Aumenta en 14 el valor de prioridad del proceso 890
renice -3 890 # Decrementa en 3 el valor de prioridad (solo root)
```

Actividad 3.1. Prioridad de los procesos

- a) Crea un script o guion shell que realice un ciclo de un número variable de iteraciones en el que se hagan dos cosas: una operación aritmética y el incremento de una variable. Cuando terminen las iteraciones escribirá en pantalla un mensaje indicando el valor actual de la variable. Este guion debe tener un argumento que es el número de iteraciones que va a realizar. Por ejemplo, si el script se llama `prueba_procesos`, ejecutaríamos:

```
./prueba_procesos 1000
```

el valor de la variable es 1000

- b) Ejecuta el guion anterior varias veces en background (segundo plano) y comprueba su prioridad inicial. Cambia la prioridad de dos de ellos, a uno se la aumentas y a otro se la disminuyes, ¿cómo se comporta el sistema para estos procesos?
- c) Obtén los tiempos de finalización de cada uno de los guiones del apartado anterior.

3.4. Orden pstree

Visualiza un árbol de procesos en ejecución (. tienes que tener instalado el paquete psmisc, tal y como se vio en la sesión anterior). Tiene una serie de opciones, algunas de ellas son:

- -a: Muestra los argumentos de la línea de órdenes.
- -A: Usa caracteres ASCII para dibujar el árbol.
- -C: permite seleccionar procesos por el nombre del ejecutable.
- -G: Usa los caracteres de VT100.
- -h: Resaltar el proceso actual y sus antepasados.
- -H: Igual que -h, pero para el proceso que se especifique.
- -l: Usa un formato largo, por defecto las líneas se truncan.
- -n: Ordena los procesos por el PID de su antecesor en vez de por el nombre (ordenación numérica).
- -p: Desactiva el mostrar los PIDs entre paréntesis después del nombre de cada proceso.
- -u: Si el uid de un proceso difiere del uid de su padre, el nuevo uid se pone entre paréntesis después del nombre del proceso.
- -V: Visualiza información sobre la versión.
- -Z: (SELinux) Muestra el contexto de seguridad para cada proceso.

Un ejemplo de la salida mostrada por pantalla tras la ejecución de esta orden es (el árbol de procesos se ha podado para no extender demasiado la ilustración):

`ps-tree`

```
init└─NetworkManager
    ├─acpid
    ├─anacron──sh──run-parts──apt──sleep
    ├─atd
    ├─avahi-daemon──avahi-daemon
    ├─bluetoothd
    ├─bonobo-activati──{bonobo-activati}
    ├─console-kit-dae──63*[{console-kit-dae}]
    ├─cron
    ├─cupsd
    ├─2*[dbus-daemon]
    ├─dbus-launch
    └─dd
```

```

├─fast-user-switc
├─gconfd-2
├─gdm──gdm──Xorg
│       │
│       └─x-session-manag─bluetooth-apple
│                               │
│                               ├─evolution-alarm──{evolution-alarm}
│                               │
│                               ├─gnome-panel
│                               │
│                               └─metacity

```

3.5. Orden ps

Esta orden se implementa usando el pseudo-sistema de archivos /proc. Muestra información sobre los procesos en ejecución:

- **USER:** usuario que lanzó el programa
- **PID:** identificador del proceso
- **PPID:** identificador del proceso padre
- **NI (Nice value):** Es un valor que puedes ajustar (con nice o renice). Su rango va de -20 a 19
- **PRI (Priority):** Es la prioridad real y efectiva que el kernel del sistema operativo asigna a un proceso. Se calcula basándose en el NI y otros factores del sistema. Su rango típico es de 0 (máxima prioridad) a 139 (mínima prioridad).
- **%CPU:** porcentaje entre el tiempo usado realmente y el que lleva en ejecución
- **%MEM:** fracción de memoria consumida (es una estimación)
- **VSZ:** tamaño virtual del proceso (código+datos+pila) en KB
- **RSS:** memoria real usada en KB
- **TTY:** terminal asociado con el proceso
- **STAT:** estado del proceso que puede ser una de las letras mostrada en la siguiente tabla:

Opción	Descripción
a	Muestra los procesos de todos los usuarios
e	Muestra todos los procesos (equivalente a la selección total)
f	Formato de listado “completo” (full), muestra jerarquía de procesos
l	Formato de listado “largo” (long), con más detalles técnicos
o	Permite definir el formato de salida con columnas específicas

Un ejemplo, formateando de forma específica una salida, sería la ejecución de la orden siguiente:

```
ps -eo user,pid,%cpu,cmd
```

La orden ps normalmente se ejecuta con las operaciones -ef, ya que “e” significa que se seleccione a todo proceso que esté en el sistema y “f” que se muestre información completa (aunque con la opción “l”

se imprime en pantalla más información). Sin argumentos muestra los procesos lanzados por el usuario que ejecuta esta orden.

Actividad 3.2. Jerarquía e información de procesos

- a) La orden `ps tree` muestra el árbol de procesos que hay en ejecución. Comprueba que la jerarquía mostrada es correcta haciendo uso de la orden `ps` y de los valores “PID” y “PPID” de cada proceso.
- b) Ejecuta la orden `ps` con la opción `-A`, ¿qué significa que un proceso tenga un carácter “?” en la columna etiquetada como TTY?

3.6. Orden top

Esta orden proporciona una visión continuada de la actividad del procesador en tiempo real, muestra las tareas que más uso hacen de la CPU, y tiene una interfaz interactiva para manipular procesos. Las cinco primeras líneas muestran información general del sistema:

- las estadísticas de la orden `uptime`, estadísticas sobre los procesos del sistema (número de procesos, procesos en ejecución, durmiendo, parados o zombies)
- estadísticas sobre los procesos del sistema (número de procesos, procesos en ejecución, durmiendo, parados o zombies)
- el estado actual de la CPU (porcentaje en uso por usuarios, por el sistema, por procesos con valor `nice` positivo, por procesos esperando E/S, CPU desocupada, tratando interrupciones hardware o software, en espera involuntaria por virtualización)
- la memoria (memoria total disponible, usada, libre, cantidad usada en buffers y en memoria caché de página)
- el espacio de swap (swap total disponible, usada y libre)

Los datos de la parte inferior son similares a los del `ps`, excepto `SHR` que muestra la cantidad de memoria compartida usada por la tarea. Ordena los procesos mostrados en orden decreciente en base al uso de la CPU. La lista se actualiza de forma interactiva, normalmente cada 5 segundos.

La orden `top` permite realizar una serie de acciones sobre los procesos de forma interactiva, como por ejemplo:

- Cambiar la prioridad de alguno utilizando la opción “r”.
- Matar o enviar una señal con la opción “k”.
- Ordenarlos según diferentes criterios (por PID con “N”, uso de CPU con “P”, tiempo con “A”, etc.).
- Con “n” se cambia el número de procesos que se muestran.
- Para salir se utiliza la letra “q”.

Un ejemplo de una ejecución de `top`:

`top`

```
top - 18:25:13 up 8 min, 3 users, load average: 0.15, 0.22, 0.13
Tasks: 115 total, 2 running, 113 sleeping, 0 stopped, 0 zombie
Cpu(s): 2.6%us, 0.7%sy, 0.0%ni, 96.7%id, 0.0%wa, 0.0%hi, 0.0%si, 0.0%st
Mem: 3111428k total, 468220k used, 2643208k free, 19200k buffers
Swap: 1020116k total, 0k used, 1020116k free, 257112k cached
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
4588	root	20	0	110m	20m	7704	S	1.3	0.7	0:08.44	Xorg
5480	patricia	20	0	34856	15m	9.8m	R	1.3	0.5	0:02.04	gnome-terminal
4616	avahi	20	0	3076	1588	1228	S	0.7	0.1	0:00.16	avahi-daemon
5852	patricia	20	0	2448	1164	904	R	0.7	0.0	0:00.44	top
1	root	20	0	3084	1880	556	S	0.0	0.1	0:01.40	init
2	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kthreadd
3	root	RT	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	migration/0
4	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.04	ksoftirqd/0
5	root	RT	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	watchdog/0
6	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	events/0
7	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	khelper
46	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kintegrityd/0
48	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.04	kblockd/0
50	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kacpid
51	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kacpi_notify
123	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	cqueue
127	root	15	-5	0	0	0	S	0.0	0.0	0:00.00	kseriod

3.7. Orden free

Aunque algunas de las órdenes anteriores (como top) muestran información acerca del uso de memoria del sistema, en caso de que queramos centrar la monitorización únicamente en el uso de memoria, sin distraer la atención con otra información adicional, podemos utilizar órdenes específicas para esta labor.

La orden free consume menos recursos (CPU y memoria) que por ejemplo la orden top. Así pues, free es una orden muy ligera (lightweight) que se utiliza para visualizar el uso actual de memoria.

Dicha orden informa del consumo de:

- Memoria real o principal (**RAM**) instalada en la computadora.
- Memoria de espacio de intercambio (**swap**) – esto es, del uso del espacio de intercambio en la partición de almacenamiento en disco correspondiente.
- Los sistemas operativos utilizan espacio de intercambio cuando necesitan alojar parte del espacio virtual de memoria de un proceso.

Mediante la ejecución de la orden se obtiene una instantánea del uso de memoria tal como se muestra


a continuación (los valores de memoria bajo buffers y cached pueden considerarse como memoria libre):

free

	total	used	free	shared	buffers	cached
Mem:	768408	642280	126128	0	24516	470184
-/+ buffers/cache:		147580	620828			
Swap:	1507320	0	1507320			

Como se puede observar, con respecto a los dos tipos de memoria comentados, se muestra la memoria total, usada y libre. Pero además se muestra la cantidad de memoria correspondiente a los búferes de disco utilizados por el kernel, y la cantidad de memoria que ha sido llevada a caché de disco. La línea -/+ refleja el total de memoria principal dividido en base a la memoria usada por la cada una de estas dos últimas cantidades.

Explora las opciones de las que consta la orden free prestando especial atención a las diferentes unidades de medida según las que puede informar acerca de memoria. Además, compare los resultados con los obtenidos usando la orden watch. La orden watch ejecuta un programa de manera repetitiva, mostrando su salida en pantalla, y esto te permite monitorizar los cambios en la salida del comando a lo largo del tiempo.

 **Actividad 3.3. Utilización de las órdenes free y watch** Explora las opciones de las que consta la orden free prestando especial atención a las diferentes unidades de medida según las que puede informar acerca de memoria. Además, compara los resultados con los obtenidos usando la orden watch. La orden watch ejecuta un programa de manera repetitiva, mostrando su salida en pantalla, y esto te permite monitorizar los cambios en la salida del comando a lo largo del tiempo.

3.8. Orden mpstat

Muestra estadísticas del procesador (o procesadores) del sistema junto con la media global de todos los datos mostrados (tienes que tener instalado el paquete sysstat). Permite el uso de parámetros para definir la cantidad de tiempo entre cada toma de datos y el número de informes que se desean (mpstat time reports).

La información de la cabecera hace referencia a:

- **CPU:** número del procesador
- **%user:** porcentaje de uso de la CPU con tareas a nivel de usuario
- **%nice:** porcentaje de uso de la CPU con tareas a nivel de usuario con prioridad “nice” (> 0)
- **%sys:** porcentaje de uso de la CPU para tareas del sistema (no incluye el tratamiento de interrupciones) (modo núcleo)
- **%iowait:** porcentaje de tiempo que la CPU estaba «desocupada» mientras que el sistema tenía pendientes peticiones de E/S

- **%irq**: porcentaje de tiempo que la CPU emplea en interrupciones hardware
- **%soft**: porcentaje de tiempo que la CPU emplea en interrupciones software (la mayoría son llamadas al sistema)
- **%idle**: porcentaje de tiempo que la CPU estaba «desocupada» y el sistema no tiene peticiones de disco pendientes.
- **intr/s**: número de interrupciones por segundo recibidas por el procesador
- **%steal**: porcentaje de tiempo que la CPU emplea esperando recursos que están siendo utilizados por otro proceso
- **%guest**: porcentaje de tiempo que la CPU emplea ejecutando máquinas virtuales
- **%gnice**: porcentaje de tiempo que la CPU emplea ejecutando tareas con prioridad «nice»


La sintaxis de la orden es:

`mpstat [intervalo] [número]`

donde, intervalo indica cada cuántos segundos debe mostrar los datos, y número, cuántos muestreos se solicitan.

A continuación os mostramos una pantalla con el resultado de la ejecución de mpstat:

```
Linux 6.11.0-26-generic (23e487389d4c) 07/08/25 _x86_64_ (8 CPU)
07:46:55 CPU %usr %nice %sys %iowait %irq %soft %steal %guest %gnice %idle
07:46:57 all 0.87 0.00 0.68 0.00 0.00 0.12 0.00 0.00 0.00 98.33
07:46:59 all 0.89 0.00 0.82 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 98.29
07:47:01 all 0.44 0.00 0.38 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 99.18
Average: all 0.73 0.00 0.63 0.00 0.00 0.04 0.00 0.00 0.00 98.60
```

 **Actividad 3.4. Utilización de mpstat** Responde a las siguientes cuestiones y especifica, para cada una, la orden que has utilizado: a) ¿Qué porcentaje de tiempo de CPU se ha usado para atender interrupciones hardware? b) ¿Y qué porcentaje en tratar interrupciones software? c) ¿Cuánto espacio de swap está libre y cuánto ocupado?

3.9. Orden vmstat

Otra orden interesante que se puede encontrar en la mayoría de los sistemas operativos UNIX es `vmstat`. Sirve para supervisar el sistema mostrando información de memoria pero también acerca de procesos, E/S y CPU. Normalmente su primera salida proporciona una media desde el último arranque del sistema operativo y se pueden obtener informes sobre el uso durante el periodo de tiempo actual, indicando el periodo de tiempo en segundos y número de iteraciones deseadas.

Por ejemplo, para ejecutar 20 iteraciones de la orden mostrando la información cada 2 segundos, los informes de memoria y procesos son instantáneos en este caso, ejecutaremos la siguiente orden `vmstat` la cual producirá la correspondiente salida:

```
vmstat 2 10
```

procs		-----memory-----				---swap---		-----io-----		--system--			-----cpu-----			
r	b	swpd	free	buff	cache	si	so	bi	bo	in	cs	us	sy	id	wa	st
0	0	1500	193440	41228	355700	0	0	125	36	268	217	5	20	73	2	0
3	1	1500	193268	41228	355700	0	0	2	0	243	277	2	18	80	0	0
0	1	1500	193168	41228	355824	0	0	68	0	808	813	9	70	0	21	0
1	0	1500	186076	41236	358424	0	0	1308	10	931	852	10	79	0	11	0
1	0	1500	178372	41236	358568	0	0	22	0	1007	573	33	65	0	2	0
2	0	1500	174116	41244	358624	0	0	14	76	978	921	25	74	0	1	0
0	0	1500	173496	41244	358608	0	0	2	2	755	697	17	55	29	0	0
2	0	1500	172876	41284	358604	0	0	16	42	590	533	13	36	51	1	0

Ciertas columnas muestran porcentaje de tiempo de CPU tratando con:

- Programas o peticiones de usuario (**columna us**).
- Tareas del sistema (**columna sy**), tal como esperando E/S, actualizando estadísticas del sistema, gestionando prioridades, etc.
- No haciendo nada en absoluto (**columna id**).

En la columna **us** podríamos ver un alto porcentaje, con la columna **sy** absorbiendo el resto del tiempo excepto aquel que el sistema no está ocupado según indica la columna **id**. Uno podría pensar que el sistema está sobrecargado realizando tareas, pero esencialmente no está haciendo nada más que servir a las tareas de usuario y del sistema relacionadas.


Las E/S de disco suelen ser un cuello de botella para la mayoría de los sistemas, así cualquier aspecto que impacte en el acceso al disco puede provocar importantes diferencias en el sistema. Por ejemplo, una alta demanda de memoria puede provocar en el sistema utilice intensivamente el espacio de intercambio transfiriendo continuamente información de memoria a disco y viceversa.

Esta situación podría estar indicando que se están comenzando a ejecutar en un momento dado un número importante de procesos, ello podría quedar reflejado en la salida iterativa de la orden `vmstat` de la siguiente manera:

- La **columna r** mostraría cuántos procesos están actualmente en cola de ejecución.
- La **columna wa** podría indicar que no hay procesos en espacio de intercambio, esto sería un buen indicador en general deseable en cualquier circunstancia.
- La **columna so** indicaría que se está incrementando el uso del espacio de intercambio, es decir, se lleva información de memoria principal a espacio de intercambio.
- La **columna free** indicaría que la memoria principal libre se puede estar agotando.

Después de que dichos procesos se hayan lanzado el sistema tenderá a estabilizarse liberando algo de memoria principal llevando más información al dispositivo de intercambio. El problema real llegaría a ser más evidente cuando se empieza a tocar techo en la memoria de intercambio y la actividad reflejada con respecto a la transferencia de información entre memoria principal y espacio de intercambio (**columnas**

si y so) no cesa.

 **Actividad 3.5. Utilización de vmstat** Intente reproducir el escenario justo descrito anteriormente supervisando la actividad del sistema mediante la ejecución periódica de `vmstat` tal cual se ha descrito, y proporcione como muestra la salida almacenada en un archivo de texto.

4. Control y gestión de dispositivos de E/S

En el apartado de introducción a la sesión 2 de prácticas se enumeraron las distintas clases de archivos que soporta un sistema tipo UNIX: archivos regulares, directorios, archivos de tipo enlace, archivos especiales de dispositivo, y archivos para comunicaciones FIFO y Socket.

Obviamente el SO necesita mantener una estructura de datos por cada archivo que contenga la información que le es necesario mantener para poder trabajar con él. A esta información se le conoce comúnmente en el mundo de los SOs como **metadatos de archivo** (también como **atributos de archivo**).

Existe un metadato de archivo fundamental que es el nombre de archivo. Este atributo se debe ubicar obligatoriamente en un sitio distinto al del resto de metadatos. ¿Qué motiva que esto deba hacerse así? Pensad que este atributo lo proporciona el usuario para identificar la información que contiene el archivo (datos de archivo), y que el usuario utiliza la estructura jerárquica de directorios para ubicarlo en un directorio concreto. Por tanto, este metadato “especial” se ubica siempre en una entrada de directorio.

Los archivos de tipo directorio están compuestos básicamente por entradas de directorio, que deben contener obligatoriamente el nombre de archivo – si no, ¿cómo iba a funcionar el `ls`! En UNIX se almacena una referencia a los metadatos en la entrada de directorio y los propios metadatos en un sitio del disco que el SA reserva para este fin: un **inodo** (inode).

Con respecto a la facilidad para compartir los archivos, los SA tipo UNIX permiten establecer enlaces a archivos. Más adelante en esta sección veremos los tipos de enlaces que soportan y la forma de crearlos mediante la orden `ln`. También abordaremos en esta sección los tipos de archivos especiales de dispositivo que soportan los SA tipo UNIX, archivos especiales para dispositivos de bloques y para dispositivos de caracteres, los cuales proporcionan al usuario una interfaz.

También abordaremos en esta sección los tipos de archivos especiales de dispositivo que soportan los SA tipo UNIX, archivos especiales para dispositivos de bloques y para dispositivos de caracteres, los cuales proporcionan al usuario una interfaz abstracta para el trabajo con dispositivos de E/S y almacenamiento secundario. Para crear este tipo de archivos se utilizará la orden `mknod`.

Obviamente, tanto los datos de los archivos como los metadatos de archivo deben almacenarse en los dispositivos de almacenamiento persistente. Para la gestión de este almacenamiento, los sistemas de archivos tipo UNIX mantienen, entre sus metadatos de SA, información relativa a bloques de disco libres/ocupados e inodos libres/asignados. Para acceder a esta información utilizaremos las órdenes `df` y `du`.

4.1. Consulta de información de archivos.

Como viste en las prácticas de la asignatura Fundamentos del Software, la orden `ls` muestra los nombres de los archivos incluidos en un directorio. Por omisión, si no se especifica el nombre de un directorio, la orden `ls` actúa sobre el directorio de trabajo (working directory). Además, si se utiliza la opción `-l`, `ls` muestra determinada información relativa a los metadatos de los archivos incluidos en el directorio especificado.

En esta parte de la sesión vamos a ampliar el conocimiento de las opciones que permite esta orden porque, tras haber comprendido el concepto de metadatos de archivo, se le puede sacar más partido desde el punto de vista de un usuario un poco más avanzado y, por supuesto desde el punto de vista de administración de sistemas. A continuación se muestra una tabla con algunas órdenes que permiten conocer información adicional al uso básico de `ls`.

Tabla 1. Órdenes útiles para la consulta de metadatos de archivo.

Parámetro	Descripción
<code>-l</code>	Imprime un formato de lista larga de los metadatos de cada archivo de los directorios especificados.
<code>-n</code>	Imprime un formato de lista larga, pero muestra los IDs numéricos de usuario y grupo.
<code>-la</code>	Similar a <code>ls -l</code> , pero no ignora las entradas de directorio que comienzan con el carácter “.” (entradas ocultas).
<code>-li</code>	Imprime un formato de lista larga, añadiendo el campo del número de inodo.
<code>-lh</code>	Imprime un formato de lista larga de metadatos de archivo, pero los campos de tamaño se muestran en Kbytes, Mbytes o Gbytes (formato legible para humanos).

Como puedes observar en la siguiente salida por pantalla, el “long listing format” de `ls` es muy útil para conocer información de metadatos de archivo, como el tipo de archivo y permisos. Los caracteres asociados al tipo de archivo son:

- `-`, archivo regular.
- `d`, directorio.
- `l`, enlace simbólico. (Ya veremos más adelante que hay dos tipos de enlace en UNIX pero solo un tipo de archivo enlace).
- `b`, archivo especial de dispositivo de bloques.
- `c`, archivo especial de dispositivo de caracteres.
- `p`, archivo FIFO para comunicaciones entre procesos.

```
ls -lai
```

```
total 20
```

```

6163598 drwxr-xr-x 3 aleon aleon 4096 2025-10-23 11:56 .
6293041 drwxr-xr-x 3 aleon aleon 4096 2025-10-23 11:52 ..
6162979 -rw-r--r-- 2 aleon aleon 52 2025-10-23 11:18 archivo.txt
6163010 brw-r--r-- 1 root root 7, 0 2025-10-23 11:27 blockDeviceSpecialFile
6163027 crw-r--r-- 1 root root 7, 0 2025-10-23 11:32 characterDeviceSpecialFile
6163009 drwxr-xr-x 2 aleon aleon 4096 2025-10-23 11:19 D1
6163029 prw-rw---- 1 root root 0 2025-10-23 11:35 FIFOfile
6162979 -rw-r--r-- 2 aleon aleon 52 2025-10-23 11:18 hardLink
6163022 brw-r--r-- 1 root root 7, 0 2025-10-23 11:30 loop0
6162996 lrwxrwxrwx 1 aleon aleon 11 2025-10-23 11:19 softLink -> archivo.txt


```

Ordenar listados de metadatos de archivo (Sorting listings)

Aunque podríamos utilizar el conocimiento que poseéis de la asignatura Fundamentos del Software acerca de la orden `sort`, para establecer una ordenación de los listados de información que proporciona la orden `ls`, ayudándonos de la orden `cut`, vamos a aprovechar las capacidades de ordenación por campo que posee intrínsecamente la orden `ls`. La siguiente tabla muestra algunas de las opciones de ordenación básicas que proporciona.

Tabla 2. Opciones básicas para ordenación que proporciona `ls`. Especialmente indicadas para aplicarlas en “long listing format”.

Parámetro	Descripción
-X	Ordena alfabéticamente por la extensión de la entrada del directorio.
-t	Ordena por la hora de modificación.
-u	Ordena por la hora de acceso.
-c	Ordena por <code>ctime</code> (hora de la última modificación de la información de estado del archivo, es decir, los metadatos del archivo).

 **Actividad 3.6. Listados de metadatos de archivos** Conocemos la sintaxis de la orden para obtener un listado en formato largo (“long listing format”). Manteniendo la opción de listado largo añade las opciones que sean necesarias para obtener un listado largo con las siguientes especificaciones:

- Que contenga el campo “access time” de los archivos del directorio especificado y que esté ordenado por dicho campo.
- Que contenga el campo “ctime” de los archivos del directorio especificado y que esté ordenado por dicho campo.

Para más información sobre la orden `ls`, además del `man (man ls)`, puedes consultar el manual Texinfo. Para ello utiliza la orden:

```
info coreutils 'ls invocation'
```

4.2 Consulta de metadatos del SA

Para poder asignar espacio en disco, tanto para datos de archivo como para metadatos de archivo, los sistemas de archivos tipo UNIX/Linux mantienen, entre otros metadatos de SA, información relativa a bloques de disco libres/ocupados e inodos libres/asignados. Esta información es muy relevante para el administrador del sistema ya que la falta de cualquiera de estos dos recursos (bloques de disco e inodos) puede provocar degradación en la utilización del SA por parte de los usuarios, e incluso, en un caso límite, los usuarios podrían dejar de poder utilizar el SA.

La orden `df` permite visualizar, para cada SA montado, información sobre su capacidad de almacenamiento total, el espacio usado para almacenamiento y el espacio libre restante, y el punto de montaje en la jerarquía de directorios para cada SA. La siguiente salida por pantalla muestra esta información para un sistema de ejemplo.

`df`

Filesystem	1K-blocks	Used	Available	Use%	Mounted on
/dev/sda5	50639860	7068448	40999008	15%	/
none	2024264	344	2023920	1%	/dev
none	2028796	728	2028068	1%	/dev/shm
none	2028796	92	2028704	1%	/var/run
none	2028796	0	2028796	0%	/var/lock
none	2028796	0	2028796	0%	/lib/init/rw
/dev/sda6	173364612	6419104	158139080	4%	/home

Utilizando la orden `df -i` podemos visualizar la información sobre los inodos de cada SA montado. A continuación se muestra una salida por pantalla para esta orden sobre un sistema de ejemplo.

`df -i`

Filesystem	Inodes	IUsed	IFree	IUse%	Mounted on
/dev/sda5	3219456	401028	2818428	13%	/
none	506066	860	505206	1%	/dev
none	507199	7	507192	1%	/dev/shm
none	507199	55	507144	1%	/var/run
none	507199	1	507198	1%	/var/lock
none	507199	1	507198	1%	/lib/init/rw
/dev/sda6	11010048	21853	10988195	1%	/home

La orden `du` permite ver el espacio en disco que gasta un directorio de la jerarquía de directorios, y todo el subárbol de la jerarquía que comienza en él. Esta orden proporciona el número de bloques de disco asignados a todos los archivos (incluidos directorios) que “cuelgan” del directorio especificado. Hay que tener en cuenta dos observaciones:

- La última línea de la salida por pantalla muestra la cantidad total de bloques de disco utilizados por el subárbol.
- `du` contabiliza el número de bloques de disco asignados estén o no completamente ocupados. Este concepto de espacio libre dentro de un bloque de disco (fragmentación interna) se explicará en su momento en teoría.

El siguiente listado por pantalla muestra la salida de la orden `du` para un directorio especificado sobre un espacio de nombres de ejemplo.

```
du ./SOII/
```

```
5184 ./SOII/transparencias/TEMA2
13568 ./SOII/transparencias
252 ./SOII/alumnos
16 ./SOII/Seguridad y Proteccion
42676 ./SOII/biblio
11696 ./SOII/doc/teoria/transparencias
3608 ./SOII/doc/teoria/apuntes
23712 ./SOII/doc/teoria
172 ./SOII/doc/images
35124 ./SOII/doc
80296 ./SOII/
```

 **Actividad 3.7. Metadatos del sistema de archivos: `df` y `du`** Resuelve las siguientes cuestiones relacionadas con la consulta de metadatos del sistema de archivos:

1. Comprueba cuántos bloques de datos está usando el directorio raíz (*root*). Ahora obtén la misma información pero expresada en “*human readable format*”: Megabytes o Gigabytes. Para ello consulta en detalle el manual en línea.
2. ¿Cuántos inodos se están usando en la partición raíz? ¿Cuántos nuevos archivos se podrían crear?
3. ¿Cuál es el tamaño del directorio `/etc`? ¿Y el del directorio `/var`? Compara estos tamaños con los de los directorios `/bin`, `/usr` y `/lib`. Anota brevemente tus conclusiones.
4. Obtén el número de bloques de tamaño 4 KB que utiliza la rama de la estructura jerárquica de directorios que comienza en el directorio `/etc`. En otras palabras, los bloques de tamaño 4 KB del subárbol cuya raíz es `/etc`. ¿Cuál es el tamaño de bloque, por omisión, utilizado en el SA?

5.3. Creación de enlaces a archivos

El objetivo de los enlaces a archivos es disponer de más de un nombre para los archivos en nuestro espacio de nombres de archivo soportado por la estructura jerárquica de directorios. Bajo esta óptica, los enlaces a archivos pueden considerarse como referencias a otros archivos, bien a su nombre, enlaces simbólicos, bien a sus metadatos, enlaces duros. Más adelante veremos que un archivo de tipo enlace

simbólico (soft link) sí actúa como referencia a otro nombre de archivo, mientras que un enlace duro (hard link) realmente es un nombre distinto para los metadatos (inodo) de un archivo ya existente.

La capacidad de crear enlaces es una característica poderosa en sistemas operativos GNU (incluyendo Linux). Un enlace es, en esencia, una forma de tener múltiples nombres o rutas que apuntan al mismo archivo o directorio. Para crear estos enlaces, utilizamos la orden `ln`. Existen dos tipos principales de enlaces, cada uno con sus propias características y usos: los enlaces simbólicos y los enlaces duros.

Enlaces Simbólicos (Soft Links) Los enlaces simbólicos, a menudo llamados “*soft links*” o “*symlinks*”, son muy similares a los accesos directos que encontramos en sistemas como MS Windows. Cada enlace simbólico tiene su propio inodo y simplemente contiene la ruta al archivo o directorio original. Para crear un enlace simbólico, usamos la opción `-s` con la orden `ln`. La sintaxis general es:

```
ln -s FICHERO_ORIGINAL ENLACE_SIMBOLICO
```

Una de las grandes ventajas de los enlaces simbólicos es que pueden apuntar a directorios, no solo a archivos. Esto es increíblemente útil para organizar rutas de acceso. Sin embargo, si el archivo o directorio original al que apunta un enlace simbólico se mueve o se elimina, el enlace simbólico se “romperá” y dejará de funcionar, ya que su objetivo ya no existe en la ruta especificada.

Enlaces Duros (Hard Links) Un enlace fuerte o “duro” es otra entrada de directorio para el mismo archivo. Esto significa que el archivo original y todos sus enlaces duros comparten el mismo inodo. No es una copia, sino que son múltiples nombres que hacen referencia a los mismos datos físicos en el disco.

Cuando creas un enlace duro, el sistema operativo lleva una cuenta de cuántos enlaces duros apuntan a ese inodo. El archivo real solo se eliminará del disco cuando se borren todos sus enlaces duros y no quede ninguna referencia a ese inodo.

El formato del comando `ln` para crear un enlace duro es más simple, ya que no requiere opciones adicionales:

```
ln FICHERO_ORIGINAL ENLACE_DURO
```

No se pueden crear enlaces duros de directorios. Los enlaces duros solo funcionan con archivos.

De hecho, podemos comprobar utilizando la orden `ls -la` que todos los directorios tienen dos enlaces duros que crea el SO automáticamente para mantener la jerarquía de directorios mediante el establecimiento de la relación jerárquica (`directorio\padre`, `directorio\hijo`). Estos enlaces duros se identifican con las entradas cuyos nombres de archivo son: “.” para el enlace duro al directorio en el que se encuentra la entrada asociada y “..” para el enlace duro al directorio padre del directorio en el que se encuentra la entrada correspondiente. La siguiente salida por pantalla muestra un ejemplo de un directorio `~/DIR` y el contenido mínimo de sus entradas de directorio: (`inode\number`, `filename`).

```
ls -ai1
```

```

6163598 .
6293041 ..
6162979 archivo.txt
6163010 blockDeviceSpecialFile
6163027 characterDeviceSpecialFile
6163009 D1
6163029 FIFOfile
6162979 hardLink
6163022 loop0
6162996 softLink

```

Como argumentos básicos para la orden `ln`, debemos proporcionarle el nombre del archivo a enlazar (*link target*) y el nuevo nombre de archivo (*link name*). La siguiente salida por pantalla presenta ejemplos de enlaces duros, tanto el que mantiene la jerarquía de directorios (ver la información del directorio `D1` /), como los de los archivos `archivo.txt` y `target_hardLink2.txt`, `hardLink` y `hardLink2` respectivamente. Así mismo se muestra el enlace simbólico, `softLink`, al archivo `archivo.txt`.

Los números que aparecen en la columna inmediatamente anterior al `username` propietario del archivo (`owner`) son valores del campo contador de enlaces. Este contador mantiene el número de enlaces duros a archivos con el objetivo de poder liberar el inodo cuando todos los nombres de archivo que utilizan dicho inodo hayan sido eliminados de la estructura de directorios y nunca antes, pues si se liberase el inodo con un contador de enlaces mayor que 0, se podría intentar acceder al archivo y se produciría una inconsistencia entre el espacio de nombres y los metadatos de archivo. Los enlaces simbólicos se identifican con el símbolo `l` y muestran una flecha (`->`) que indica el archivo al que apuntan. Fíjate por ejemplo en la penúltima entrada (6162996) de este ejemplo:

```
ls -lai
```

```

total 28
6163598 drwxr-xr-x 3 aleon aleon 4096 2025-10-23 19:05 .
6293041 drwxr-xr-x 3 aleon aleon 4096 2025-10-23 13:20 ..
6162979 -rw-r--r-- 2 aleon aleon 52 2025-10-23 11:18 archivo.txt
6163010 brw-r--r-- 1 root root 7, 0 2025-10-23 11:27 blockDeviceSpecialFile
6163027 crw-r--r-- 1 root root 7, 0 2025-10-23 11:32 characterDeviceSpecialFile
6163009 drwxr-xr-x 2 aleon aleon 4096 2025-10-23 11:19 D1
6163029 prw-rw---- 1 root root 0 2025-10-23 11:35 FIFOfile
6162979 -rw-r--r-- 2 aleon aleon 52 2025-10-23 11:18 hardLink
6163034 -rw-r--r-- 2 aleon aleon 80 2025-10-23 19:04 hardLink2
6163022 brw-r--r-- 1 root root 7, 0 2025-10-23 11:30 loop0
6162996 lrwxrwxrwx 1 aleon aleon 11 2025-10-23 11:19 softLink -> archivo.txt
6163034 -rw-r--r-- 2 aleon aleon 80 2025-10-23 19:04 target_hardLink2.txt

```

```
pwd
```

```
/home/aleon/DIR
```

```
cd D1; pwd
```


```
/home/aleon/DIR/D1
```


```
ls -lai
```

```
total 8
```

```
6163009 drwxr-xr-x 2 aleon aleon 4096 2025-10-23 11:19 .
```

```
6163598 drwxr-xr-x 3 aleon aleon 4096 2025-10-23 19:05 ..
```

 **Actividad 3.8. Creación de enlaces con la orden ln** Construye los mismos enlaces, duros y simbólicos, que muestra la salida por pantalla anterior. Para ello crea los archivos `archivo.txt` y `target_hardLink2.txt` y, utilizando el manual en línea para `ln`, construye los enlaces `softLink`, `hardLink` y `hardLink2`. Anota las órdenes que has utilizado. ¿Por qué el contador de enlaces del archivo `archivo.txt` vale 2 si sobre el existen un enlace duro `hardLink` y un enlace simbólico `softLink`?

 **Actividad 3.9. Trabajo con enlaces** Proporciona las opciones necesarias de la orden `ls` para obtener la información de metadatos de los archivos de un directorio concreto en los dos casos siguientes:

- En el caso de que haya archivos de tipo enlace simbólico, la orden debe mostrar la información del archivo al que enlaza cada enlace simbólico y no la del propio archivo de tipo enlace simbólico.
- En el caso de enlaces simbólicos debe mostrar la información del enlace en sí, no del archivo al cual enlaza. En el caso de directorios no debe mostrar su contenido sino los metadatos del directorio.

4.4. Archivos especiales de dispositivo

Los dispositivos de nuestro sistema se representan en un SO tipo UNIX mediante archivos especiales de dispositivo. Existen dos tipos principales de archivos especiales de dispositivo: de bloques y de caracteres. Los archivos especiales de bloque representan a dispositivos de bloques, que normalmente coinciden con los dispositivos de almacenamiento persistente, los ramdisks y los dispositivos loop. Los archivos especiales de caracteres representan a dispositivos de caracteres del tipo puertos serie, paralelo y USB, consola virtual (`console`), audio, los dispositivos de terminal (`tty*`), y muchos más.

La siguiente salida por pantalla muestra un listado (recortado) del directorio `/dev` de una distribución común de Linux.


```
ls -l /dev
```

```

total 0
crw--w---- 1 root  tty      136, 0 Jul 10 16:46 console
lrwxrwxrwx 1 root  root      11 Jul 10 16:42 core -> /proc/kcore
lrwxrwxrwx 1 root  root      13 Jul 10 16:42 fd -> /proc/self/fd
brw-rw---- 1 root  disk      8, 0 Jul 10 16:42 /dev/sda
brw-rw---- 1 root  disk      8, 1 Jul 10 16:42 /dev/sda1
crw-rw-rw- 1 nobody nogroup  1, 7 Jul 10 11:05 full
drwxrwxrwt 2 root  root      40 Jul 10 16:42 mqueue
crw-rw-rw- 1 nobody nogroup  1, 3 Jul 10 11:05 null
lrwxrwxrwx 1 root  root       8 Jul 10 16:42 ptmx -> pts/ptmx
drwxr-xr-x 2 root  root       0 Jul 10 16:42 pts
crw-rw-rw- 1 nobody nogroup  1, 8 Jul 10 11:05 random
drwxrwxrwt 2 root  root      40 Jul 10 16:42 shm
lrwxrwxrwx 1 root  root      15 Jul 10 16:42 stderr -> /proc/self/fd/2
lrwxrwxrwx 1 root  root      15 Jul 10 16:42 stdin -> /proc/self/fd/0
lrwxrwxrwx 1 root  root      15 Jul 10 16:42 stdout -> /proc/self/fd/1
crw-rw-rw- 1 nobody nogroup  5, 0 Jul 10 11:05 tty
crw-rw-rw- 1 nobody nogroup  1, 9 Jul 10 11:05 urandom
crw-rw-rw- 1 nobody nogroup  1, 5 Jul 10 11:05 zero

```

Podemos crear archivos especiales de dispositivo, tanto de bloques (*buffered*, letra b) como de caracteres (*unbuffered*, letra c) utilizando la orden `mknod`. Esta orden permite especificar el nombre del archivo y los números principal (*major*) y secundario (*minor*). Estos números permiten identificar a los dispositivos en el kernel, concretamente en la Tabla de Dispositivos. El número principal determina el controlador al que está conectado el dispositivo y el número secundario al dispositivo en sí. Es necesario consultar el convenio de nombres dado que la asignación de estos números va a depender de la distribución. Todos estos conceptos se explicarán en teoría con detalle. Aquí simplemente se muestra la forma de crearlos como usuario del lenguaje de órdenes, no su implementación en el núcleo del SO.

 **Actividad 3.10. Creación de archivos especiales** Consulta el manual en línea para la orden `mknod` y crea un dispositivo de bloques y otro de caracteres. Anota las órdenes que has utilizado y la salida que proporciona un `ls -li` de los dos archivos de dispositivo recién creados. Puedes utilizar las salidas por pantalla mostradas en esta sección del guión para ver el aspecto que debe presentar la información de un archivo de dispositivo.