

# Sistemas Operativos

—

Procesos

**Lic. R. Alejandro Mansilla**

Licenciatura en Ciencias de la Computación  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Cuyo

# Procesos

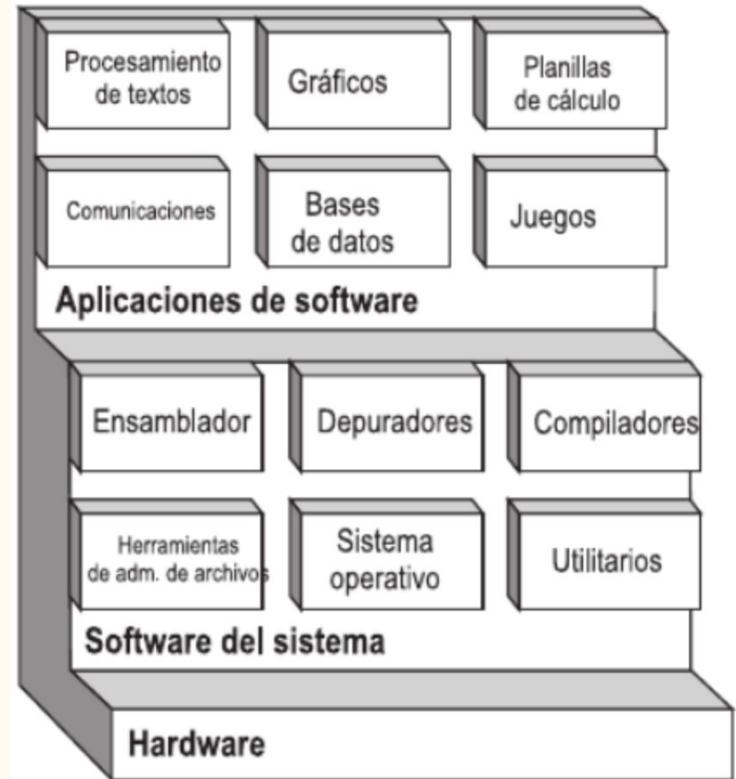
“Un proceso es un programa en ejecución”. Saltzer (1966).

El término “proceso” se refiere al conjunto de ejecución de instrucciones de máquina.

Programa	Proceso
Es estático	Es dinámico
No tiene contador de programa	Tiene contador de programa
Existe desde que se edita hasta que se borra	Su ciclo de vida comprende desde que se lo “dispara” hasta que termina

# Programas

- **Aplicación o software de aplicación:** programas o grupos de programas diseñados para ser utilizados directamente por los usuarios (también llamados usuarios finales).
- **Software de sistemas:** son los programas que interactúan de forma más directa con el sistema operativo, tales como los compiladores, depuradores y ensambladores.



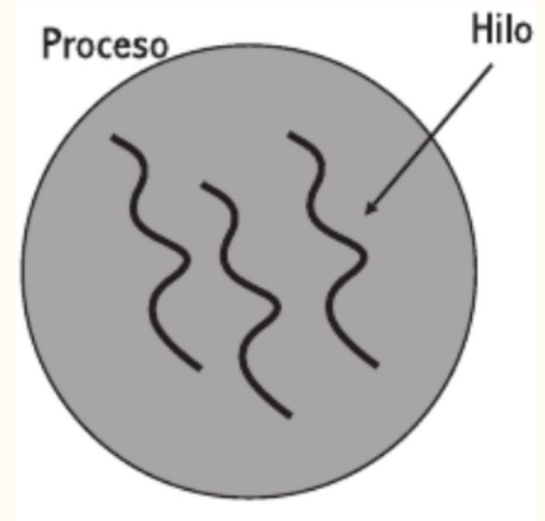
# Hilos

- Asociados a un proceso encontramos su código, sus datos, los recursos operativos asignados a él y uno o más “hilos” (threads) de ejecución

Un hilo es un flujo de ejecución a lo largo del código del proceso, con su propio contador de programa, registros y pila. Pueden compartir el mismo espacio de direcciones.

Clasificación de los sistemas operativos:

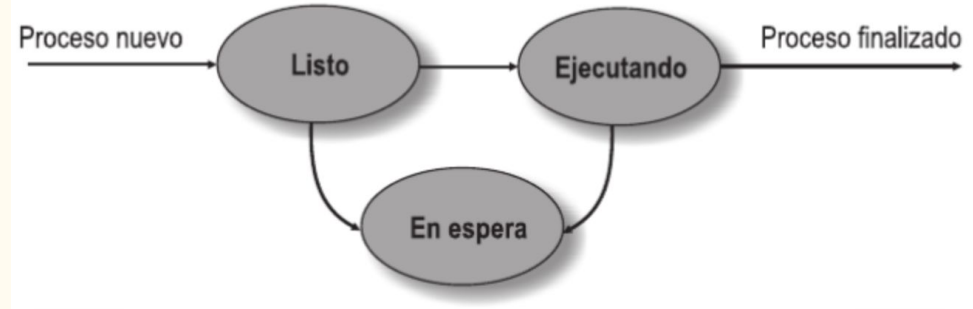
- De un único proceso con un único hilo
- De varios procesos con un único hilo
- De múltiples procesos con varios hilos.



# Estado de un proceso

Un proceso es dinámico, cambia su estado a medida que se ejecuta.

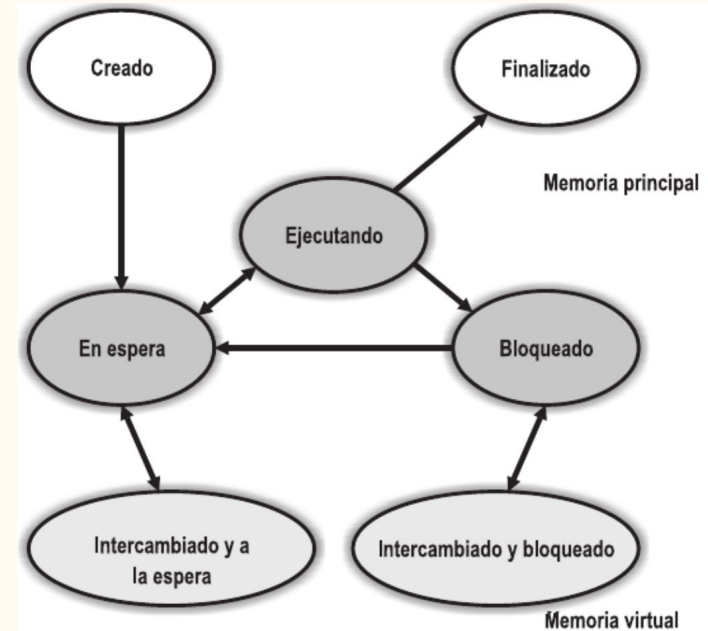
Como mínimo un proceso puede estar en uno de los siguientes 3 estados:



- **Ejecutándose** (running): un proceso que está ejecutando en una CPU. Si un sistema tiene  $n$  CPUs puede tener como máximo  $n$  procesos en ese estado.
- **Bloqueado** (blocked): el proceso está esperando que ocurra algún evento, como por ejemplo la finalización de una operación de entrada o salida.
- **Listo** (ready): un proceso que no está asignado a la CPU pero está listo para ejecutar. Un proceso listo podría ejecutar si se lo asigna a una CPU.

# Estado de un proceso

- **Nuevo** (new): también llamado “creado”, espera admisión al estado “listo”.
- **Listo** (ready): también llamado “esperando”, ha sido cargado en memoria principal y espera que el despachador lo ponga a ejecutar. Puede haber varios procesos en este estado.
- **Bloqueado** (blocked): un proceso que está esperando que ocurra un evento antes de que pueda continuar. Con frecuencia, este evento es la finalización de una operación de entrada o salida.
- **Terminado** (terminated): un proceso que ha detenido su ejecución pero el sistema operativo aún mantiene un registro de él (en UNIX, a estos procesos se les suele llamar “zombie”).



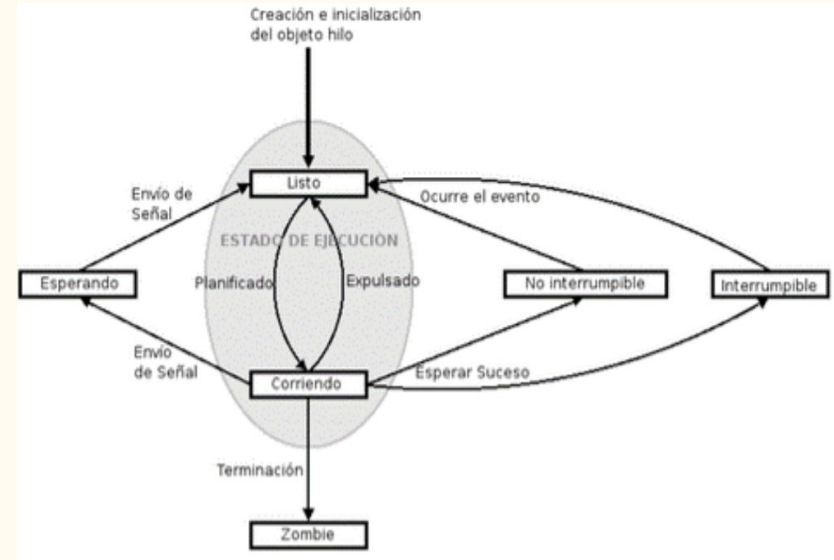
# Estados de un proceso

Podemos definir dos estados más en los sistemas que cuentan con memoria virtual:

- **Intercambiado y esperando:** también se lo denomina “suspendido y esperando”, fue sacado de la memoria principal y almacenado en memoria secundaria.
- **Intercambiado y bloqueado:** o “suspendido y bloqueado”; un proceso que estaba bloqueado también puede pasar a residir en el área de swap.

# Estados de un proceso en Linux

- **Uninterruptible sleep (D):** Espera ininterrumpible, generalmente el proceso se encuentra esperando una operación de entrada/salida con algún dispositivo.
- **Interruptible sleep (S):** Espera interrumpible. El proceso se encuentra esperando a que se cumpla algún evento, por ejemplo, que el planificador de procesos del núcleo lo planifique para su ejecución.
- **Running (R):** Corriendo. El proceso se encuentra corriendo en el procesador.
- **Stopped (T):** Detenido. Un proceso que ha sido detenido mediante el envío de alguna señal.
- **Defunct (Z - zombie).** Proceso terminado pero cuyo padre aún sigue “vivo” y no ha capturado el estado de terminación del proceso hijo y, por consiguiente, no lo ha eliminado de la tabla de procesos del sistema.





# PCB - Bloque de Control de Procesos

Cada proceso se representa en el sistema operativo mediante una estructura de datos llamada bloque de control de procesos (PCB de Process Control Block)

- **Estado del proceso:** nuevo, bloqueado, listo, etc.
- **Contador de programa:** indica la dirección de la siguiente instrucción que se ejecutará.
- **Registros de CPU:** el número y el tipo de los registros (acumuladores, registros índice, punteros de pila, etc).
- **Información de planificación de CPU:** prioridad del proceso, punteros a colas de planificación.
- **Información de gestión de memoria:** valor de los registros de base y de límite, tablas de páginas o tablas de segmentos.
- **Información contable:** cantidad de tiempo de CPU, tiempo consumido, límites de tiempo.
- **Información de estado de entrada o salida:** lista de dispositivos de entrada o salida asignados, lista de archivos abiertos, etc.

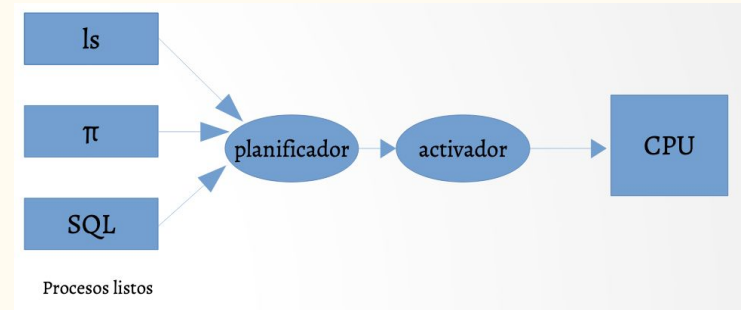
Identificador del proceso
Estado
Contador de programa
Registros de CPU
Planificación de CPU
Gestión de memoria
Información contable
Estado de entrada o salida

# Creación y terminación de procesos

- En Unix, un proceso crea a otro a través de una llamada a sistema **fork()** El creador es el proceso padre y el creado el hijo. Estructura de árbol.
- El padre puede continuar ejecutándose concurrentemente con sus hijos o esperar que sus hijos hayan terminado.
- Un proceso termina cuando ejecuta su última instrucción y solicita al sistema operativo que lo elimine
- Con `fork()` los procesos se clonan. Ambos procesos continúan su ejecución con la instrucción siguiente al `fork()`. El código de retorno que recibe el hijo es 0, el del padre es el PID del hijo.
- Si el hijo invoca **execve()** se reemplaza con un programa nuevo.
- El padre puede esperar la finalización del hijo con **wait()**

# Planificador y activador

- El planificador (*scheduler*) es un código que forma parte del núcleo del sistema operativo.
- Entra en ejecución cada vez que se activa el sistema operativo y su misión es seleccionar el proceso que se ha de ejecutar a continuación.
- El activador (*dispatcher*) también forma parte del sistema operativo y su función es poner en ejecución el proceso seleccionado por el planificador.



# Fases de la planificación

Fases:

- **Planificación a largo plazo:** determina qué trabajos o procesos pueden competir por los recursos del sistema. Provee al de mediano de un apropiado número de trabajos.
- **El planificador de mediano plazo** o intercambiador (swapper) intercambia procesos entre la memoria RAM y un espacio en disco.
- **El planificador de corto plazo** selecciona el proceso que será asignado a la CPU y el activador es el que efectivamente carga el proceso en la CPU y es también el que se encarga de pasar a modo usuario

# Cambio de contexto

La activación del sistema operativo se realiza mediante el mecanismo de las interrupciones. Cuando se produce una interrupción se realizan las dos operaciones siguientes:

- Se salva el estado del procesador en el correspondiente PCB.
- Se pasa a ejecutar la rutina de tratamiento de interrupción del sistema operativo.

A esto se le denomina cambio de contexto.

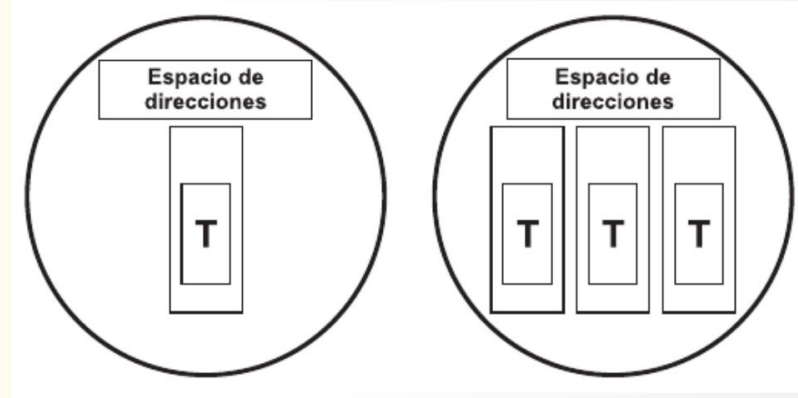
*El tiempo de conmutación de contexto es exclusivamente gasto extra (overhead), porque el sistema no realiza trabajo útil durante la conmutación.*

Al tiempo entre detener un proceso y comenzar a correr otro se le llama “latencia de activación” o dispatch latency

# Proceso ligeros, hilos o threads

Un hilo es un flujo de ejecución que comparte la imagen de memoria, y otras informaciones, con otros hilos.

Los SO que pueden ejecutar varios procesos con múltiples hilos usan con más eficiencia la CPU. El sistema intercala la ejecución de procesos entre la CPU y la entrada/salida.



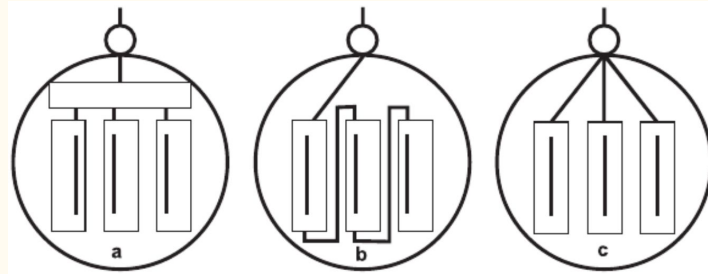
Las motivaciones para el uso de hilos pueden ser:

- La sobrecarga involucrada en la creación de un proceso es mayor que en la de un hilo.
- La conmutación entre hilos del mismo proceso es más rápida que entre procesos.
- Los hilos permiten que el paralelismo sea combinado con la ejecución secuencial y llamadas a sistema bloqueantes.
- El compartir recursos puede lograrse de manera más eficiente y naturalmente entre hilos de un proceso que entre procesos, porque todos los hilos de un proceso comparten el mismo espacio de direcciones.

# Modelos de organización de hilos

## Modelos de organización de hilos

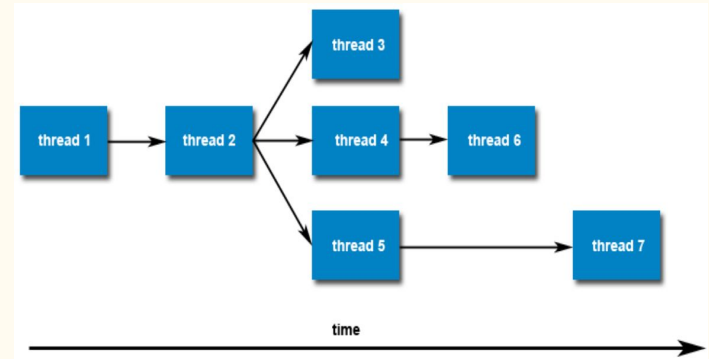
- A. **Modelo despachador-trabajadores:** Un hilo despachador (único) y varios hilos trabajadores. El hilo despachador acepta pedidos de clientes y, luego de examinar el pedido, despacha el mismo a uno de los hilos trabajadores libres para su procesamiento.
- B. **Modelo pipeline:** Útil para aplicaciones basadas en el modelo productor-consumidor. Los datos de salida generados por una parte de la aplicación se usan como entrada de otra
- C. **Modelo equipo:** Todos los hilos se comportan como iguales. Cada hilo obtiene y procesa solicitudes de clientes por sí mismo. Se usa para la implementación de hilos especializados dentro de un proceso.



# Diseño de hilos

Un sistema que dé soporte a hilos debe proveer un conjunto de primitivas o paquete de hilos:

- **Creación de los hilos:** de forma estática o dinámica
- **Terminación de los hilos:** de manera similar a los procesos, cuando finaliza su trabajo o al recibir una señal externa.
- **Sincronización:** se usan mecanismos para prevenir que hilos accedan de forma simultánea a recursos.
- **Planificación:**
  - Asignación de prioridades
  - Variar el quantum dinámicamente
  - Planificación forzada
  - Planificación por prioridad
- **Manejo de señales:** Las señales proveen interrupciones generadas por software y excepciones. Las interrupciones son disrupciones generadas externamente a un hilo (o proceso), mientras que las excepciones son causadas por la ocurrencia de condiciones inusuales durante la ejecución de un hilo.



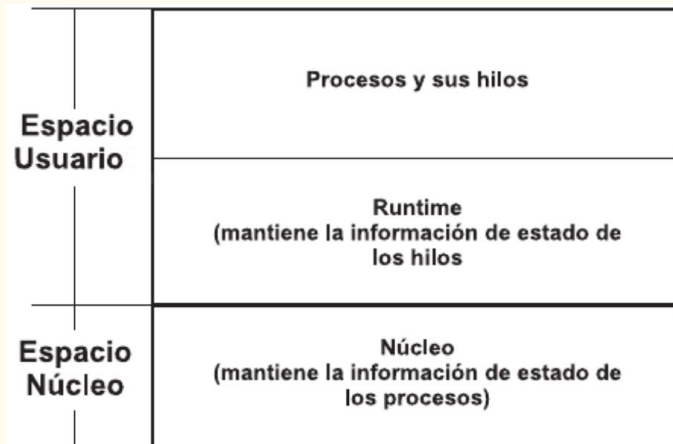


# Implementación en espacio de usuario

Un paquete de hilos puede ser implementado ya sea en espacio de usuario o en el núcleo.

## En espacio de usuario

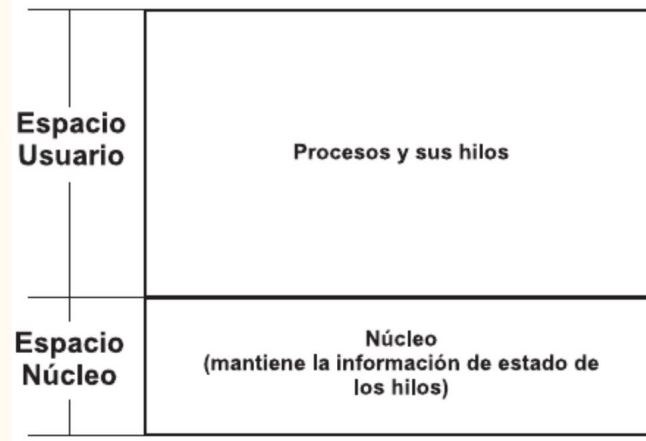
- Compuesto de un runtime. Los hilos corren sobre este y son manejados por él.
- Las llamadas del paquete se implementan como llamada a los procedimientos del sistema runtime.
- El planificador en el núcleo asigna quantums a procesos pesados, y el planificador del runtime divide un quantum asignado a un proceso entre los hilos.
- **La existencia de hilos es invisible para el núcleo.**
- Este enfoque es el usado por el paquete Lightweight Processes de SunOS 4.1.



# Implementación en el núcleo

En espacio de núcleo:

- No se usa un sistema runtime. Los hilos son manejados por el núcleo.
- La tabla de información de estado de los hilos es mantenida dentro del núcleo.
- Todas las llamadas que deberían bloquear a un hilo se implementan como llamadas a sistema.
- Cuando un hilo se bloquea, el núcleo selecciona otro hilo para ser ejecutado.
- **La existencia de hilos es conocida por el núcleo.**

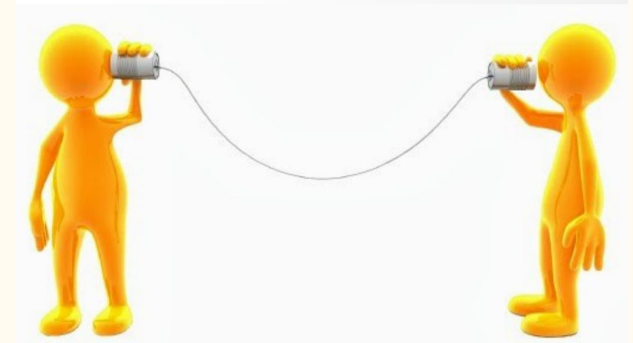


# Ventajas y desventajas de ambos

- La ventaja principal del enfoque del sistema runtime es que estos paquetes pueden implementarse sobre cualquier sistema operativo.
- En el enfoque de nivel de usuario, gracias a la planificación en dos niveles, los usuarios pueden usar sus propios algoritmos para los hilos de un proceso. En el otro se usa un planificador de un único nivel dentro del núcleo.
- La permutación de contexto de un hilo a otro es más rápido en el enfoque de espacio de usuario porque lo lleva a cabo el sistema runtime.
- En el enfoque del sistema de runtime:
  - no es posible una política de planificación por turno circular debido a una falta de interrupciones de reloj.
  - Dificultad en llamadas a sistema bloqueantes. A un hilo no se le debería permitir hacer llamadas a sistemas en forma directa porque detendría a los demás hilos

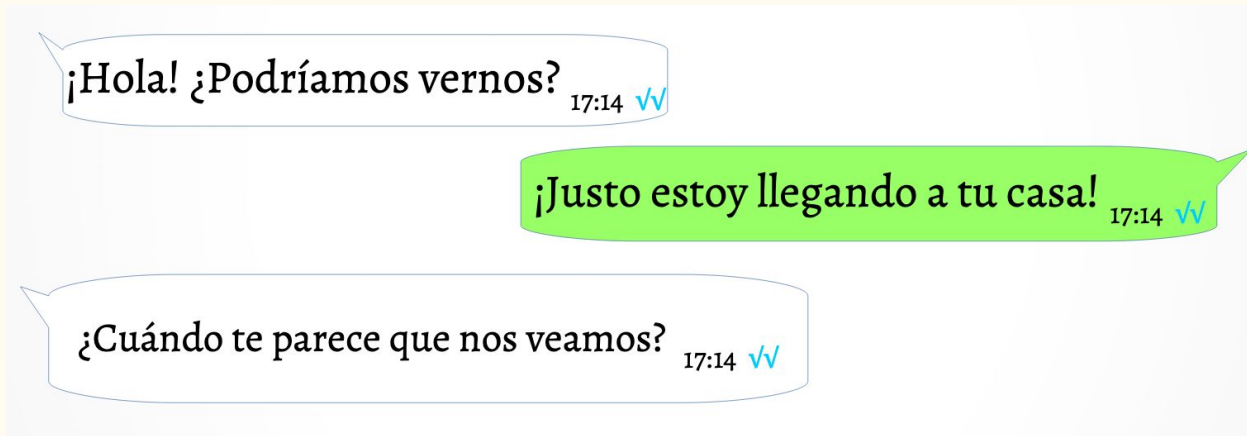
# Comunicación

- Normalmente los procesos se comunican con otros.
- Cuando estos procesos se juntan o concurren en el mismo espacio y tiempo y acceden a los mismos recursos, deberemos establecer alguna forma de sincronización.
- Un proceso es independiente si no afecta o es afectado por la ejecución de otros procesos en el sistema.
- Un proceso cooperativo es uno que puede afectar o ser afectado por los demás procesos que se ejecutan en el sistema.
- Dos procesos son concurrentes cuando la primera instrucción de uno de ellos se ejecuta después de la primera instrucción del otro y antes de la última. Hay solapamiento en la ejecución de sus instrucciones.



# Comunicación y sincronización

Para llevar a cabo estas tareas de colaboración y competencia por los recursos, se hace necesaria la introducción de mecanismos de comunicación y sincronización entre procesos.



# Procesos concurrentes

```
x=x+1;  
y=x+2;
```

```
x=1;  
y=2;  
z=3;
```

- En el primer caso es claro que la primera sentencia se tiene que ejecutar antes que la segunda.
- En cambio en el segundo caso queda claro que el orden en que se ejecuten no interviene en el resultado final.
- Si dispusiésemos de tres procesadores, podríamos ejecutar cada una de las líneas en uno de ellos, incrementando la velocidad del sistema. Por lo tanto, diremos que:

***Dos eventos son concurrentes si mediante la observación del programa no podemos establecer cuál ocurrirá primero.***

# Procesos concurrentes

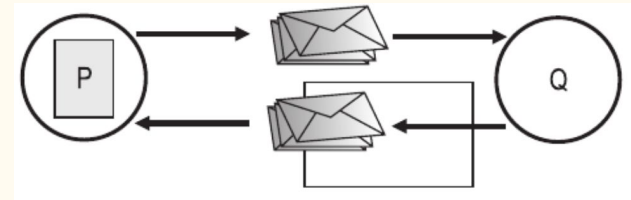
La ejecución de sistemas concurrentes tiene algunas características que los diferencia de los sistemas secuenciales

- El **orden de ejecución de las instrucciones y el indeterminismo**. En los programas secuenciales hay un orden total en la ejecución de las líneas de código. Ante un conjunto de datos de entrada se sabe siempre por dónde va a ir el programa.
- En los programas concurrentes hay un orden parcial, ante el mismo conjunto de datos de entrada no se puede saber cuál va a ser el flujo de ejecución. En cada ejecución del programa el flujo puede ir por distintos sitios.
- Este orden parcial lleva a que los programas concurrentes puedan tener un comportamiento **indeterminista**, es decir, arrojar diferentes resultados cuando se ejecutan repetidamente sobre el mismo conjunto de datos de entrada.

# Paradigmas de comunicación entre procesos

La comunicación entre procesos (comúnmente IPC, del inglés Inter-Process Communication) es una función básica de los sistemas operativos. Las dos maneras básicas de abordar este tema son:

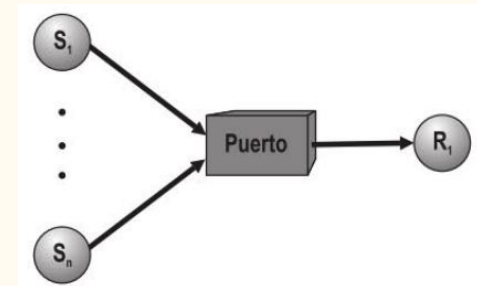
1. Memoria compartida
2. Pase de mensajes





# Más mecanismos de comunicación

- Puertos: actúa como un buzón de entrada
- Señales: versión limitada de IPC. Notificación Asíncronas enviada al proceso desde el SO, suele llamarse interrupción por software.
- Temporizadores: Tipo de interrupción de reloj que se puede usar para interrumpir al procesador cuando llegue a 0.
- Sockets: Zócalo o enchufe, es un mecanismo para conectar dos procesos remotos a través de una red, o incluso local.
- Tuberías: es un pseudo archivo mantenido por el sistema operativo que se usa para comunicar dos procesos.



# Aún más mecanismos :)

- Cola de mensajes: servicio provisto por el S.O. para almacenar mensajes que luego serán consumidos por otro proceso asíncronamente.
- Archivos: dos procesos pueden usar archivos para intercambiar información.
- Archivos proyectados en memoria: Espacio de memoria que se relaciona byte a byte con una parte de un archivo. Las lecturas y escrituras de esa porción de memoria, se tratan como nativas del archivo.
- Excepciones: Cuando un proceso o hilo intenta realizar alguna operación no permitida o errónea (división por 0 por ej). Se produce una excepción que es una interrupción gestionada por el manejador de excepciones del núcleo del SO.