

# Memoria Estructura de Datos PL1

Miguel de Sande Moreno

Marcos Bonilla de las Morenas

---

## 0. Presentando el planteamiento

Este ejercicio trataba de calcular el tiempo medio de estancia de unos procesos en un sistema operativo. Para abordarlo, además, debimos tener en cuenta que cada uno de estos procesos cuenta con una prioridad propia, y que estos deben ser insertados al principio del programa desde un menú. El funcionamiento es el siguiente: unos procesos salen de una pila acorde a un tiempo de salida y son ejecutados en un núcleo, donde también tienen un periodo de estancia. Mientras los núcleos estén ocupados, si uno de los procesos fuese a salir de la pila, este debe ser almacenado en una cola, la cual debe estar ordenada por su prioridad, y cuando los núcleos se desalojen se colocará el primero de la cola, que será el que más prioridad tenga.

## 1. ¿Cómo estructuramos la prioridad?

Para empezar, declaramos las especificaciones de la **Pila** y la **Cola**, haciendo también una clase **NodoPila** y **NodoCola** para cada una, ya que de esta manera nos será más sencillo controlar los punteros.

-Implementamos para **Pila** los siguientes atributos y métodos:

Atributos **privados**:

*pnodo cima; //Un puntero que señala a la cima de la pila.*

Métodos **públicos**:

`Pila();` *//Siendo este el constructor.*

`~Pila();` *//Siendo este el destructor.*

`bool esVacia();` *//Que comprueba si la cola es vacía o no.*

```

void apilar(Proceso proceso);      //Siendo esta una función que, pasado un proceso p
                                   como parámetro, lo coloca como último elemento
                                   de la pila.

void desapilar();      //Que elimina el último de la pila.

void mostrar();      //Que imprime la cola por la pantalla.

Proceso cimaPila();      //Que devuelve el proceso en la cima de la pila.

void insertarTiempo(Proceso proceso);      //La función clave de la pila. Cuando se le
                                             pasa un proceso como parámetro, esta
                                             función lo inserta en la pila en función de
                                             su orden de salida (dejará por delante los
                                             procesos que tengan un menor tiempo de
                                             salida y por detrás los que tengan uno
                                             mayor.)

```

-Implementamos para **Cola** los siguientes atributos y métodos:

Atributos **privados**:

```

NodoCola *primero; //Un puntero que apunta al primer elemento de la cola.

NodoCola *ultimo;  //Un puntero que apunta al último elemento de la cola.

int longitud;      //Un integer que representa la longitud de la lista.

```

Métodos **públicos**:

```

Cola();      //Siendo este el constructor.

~Cola();      //Siendo este el destructor.

void encolar(Proceso p);      //Siendo esta una función que, pasado un proceso p como
                               parámetro, lo coloca como último elemento de la cola.

Proceso inicio();      //Que devuelve el primer elemento de la cola.

Proceso fin();      //Que devuelve el último elemento de la cola.

int colaLongitud();      //Que devuelve la longitud de la cola.

Proceso desencolar(); //Que elimina el primer elemento de la cola y devuelve el proceso
                       desencolado.

bool esVacia();      //Que comprueba si la cola es vacía o no y devuelve un booleano
                       en función del resultado.

```

```

void mostrarCola();    //Que imprime por pantalla la cola.

void encolarPrioridad(Proceso p);    //La función clave de la cola. Cuando se le pasa un
                                       proceso como parámetro, esta función lo inserta en
                                       la cola en función de su prioridad (dejará por
                                       delante los procesos con más prioridad y por
                                       detrás los que menos prioridad tengan.)

void actualizar()      //Suma 1 al tiempo que los elementos en la cola
                                       llevan en el sistema operativo.

```

-Implementamos para **NodoPila** los siguientes atributos y métodos (cabe destacar que, como tiene *friend class Pila*, la pila puede acceder a las funciones y atributos privados de esta clase):

Atributos **privados**:

```

Proceso proceso;    //Los nodos deben contener procesos.

NodoPila *siguiente;    //Un puntero que apunta al siguiente elemento
                           de la pila.

```

Métodos **públicos**:

```

NodoPila();    //Siendo este el constructor vacío.

NodoPila(Proceso proceso, NodoPila *sig = NULL);    //Siendo este otro
                                                         constructor pero al que
                                                         pasas un parámetro de
                                                         proceso y otro de NodoPila.

~NodoPila();    //Siendo este el destructor.

```

-Implementamos para **NodoCola** los siguientes métodos y atributos (cabe destacar que, como tiene *friend class Cola*, la cola puede acceder a las funciones y atributos privados de esta clase):

Atributos **privados**:

```

Proceso proceso;    //Los nodos deben contener procesos.

```

```
NodoCola *siguiente;    //Un puntero que apunta al siguiente elemento de la cola.
```

Métodos **públicos**:

```
NodoCola();    //Siendo este el constructor vacío.
```

```
NodoCola(Proceso p, NodoCola *sig = NULL);    //Siendo este otro constructor pero al que pasas un parámetro de proceso y otro de NodoCola.
```

```
~NodoCola();    //Siendo este el destructor.
```

Hasta ahora, estas implementaciones son muy similares a las vistas en clase, pero cabría profundizar en las funciones encolarPrioridad, insertarTiempo y actualizar.

## 1.1 Nuevos métodos

**void Pila::insertarTiempo(Proceso proceso)**

```
{
    if (esVacia())
    {
        apilar(proceso);
    }
    else
    {
        Pila *aux = new Pila();
        while (!esVacia() && cimaPila().tiempoInicio <= proceso.tiempoInicio)
        {
            aux->apilar(cimaPila());
            desapilar();
        }
    }
}
```

```

    apilar(proceso);
    while (!aux->esVacia())
    {
        apilar(aux->cimaPila());
        aux->desapilar();
    }
    delete aux;
}
}

```

---

Esta función, como su nombre indica, se encarga de insertar en la pila un proceso en función de su **tiempo de inicio**. Profundizaremos en este atributo más adelante, cuando analicemos los procesos.

La función comprueba en primer lugar si la pila es vacía, y, si es así, simplemente apila el proceso. En caso contrario, se crea **una nueva pila auxiliar**, y luego se va iterando la pila comprobando si el primer elemento tiene un tiempo de inicio menor o igual al del proceso que queremos introducir. Si este es el caso, se deposita el elemento de forma provisional en la pila auxiliar. Una vez se han colocado todos los elementos con un tiempo de inicio menor o igual de esta manera, **introducimos** nuestro elemento. Es importante remarcar el **igual** en esta operación, ya que si el tiempo que queremos insertar coincide con algún tiempo de los elementos introducidos en la pila, el que insertemos será el último de los elementos con ese tiempo que introduzcamos. Cuando se haya introducido nuestro elemento, iteraremos la pila auxiliar, **devolviendo** así los elementos a la **pila original**, y concluyendo la función **eliminando la pila auxiliar**.

De esta manera nuestro elemento habrá quedado insertado en la pila acorde a su tiempo de inicio respecto al resto de elementos.

---

**void Cola::encolarPrioridad(Proceso p)**

```

{
    NodoCola *nuevo = new NodoCola(p);
    if (esVacia())

```

```

{
    primero = nuevo;
    ultimo = nuevo;
}
else
{
    Cola *Cola_aux = new Cola();
    while (primero != nullptr && primero->proceso.prioridad >= p.prioridad)
    {
        Cola_aux->encolar(desencolar());
    }
    Cola_aux->encolar(p);
    while (!esVacia())
    {
        Cola_aux->encolar(desencolar());
    }
    while (!Cola_aux->esVacia())
    {
        encolar(Cola_aux->desencolar());
    }
    delete Cola_aux;
}
longitud++;
}

```

---

En este caso, para la función se trabaja con **punteros**. Al inicio de la función creamos un nuevo NodoCola. Si la cola es vacía, insertamos el elemento, ya que tanto primero como último = nuevo (siendo “nuevo” el NodoCola que creamos). Si no, al igual que en la función anterior, trabajaremos con una cola auxiliar. Iremos iterando esta cola

mientras el puntero del primer elemento no apunte a null (es decir, que esté vacía), y mientras que el primer elemento tenga una **prioridad** mayor o igual que la del proceso que vamos a insertar.

Esta función se puede considerar una modificación de la anterior ya que el funcionamiento es el mismo. Ambas se encargan de revisar si los elementos de las estructuras tienen uno de los atributos de los procesos en mayor o menor cantidad e insertarlo donde corresponda. Al igual que pasaba con insertarTiempo, los elementos que se vayan desencolando se irán almacenando en la cola auxiliar, con la diferencia de que una vez encolado nuestro elemento, **será necesario encolar el resto de la cola** en la cola auxiliar para que al restaurarla esta resulte en el orden correcto. Una vez hemos vaciado la cola en la cola auxiliar (con el proceso insertado), restauramos la cola y eliminamos la cola auxiliar

---

**void Cola::actualizar()**

```
{  
    if (!esVacia())  
    {  
        NodoCola *aux = primero;  
        while (aux != NULL)  
        {  
            aux->proceso.tiempoEnSO++;  
            aux = aux->siguiente;  
        }  
    }  
}
```

---

Es importante remarcar que la aplicación solo entrará a esta función si la cola no es vacía. La función crea un nodo auxiliar y recorre la cola sumando 1 a todos los **tiempos en el Sistema Operativo** de la cola.

---

## 2.Nuevas clases

El enunciado pedía el tiempo medio en el que unos procesos son ejecutados en tres núcleos. Por lo tanto, hemos desarrollado dos clases más: una para los **procesos**, y otra para los **núcleos**.

-Implementamos para **Proceso** los siguientes métodos y atributos.

Atributos **públicos**:

```
int prioridad;           //Siendo esta la prioridad del proceso para ser ejecutado.  
int PID;                 //Siendo este el identificador del proceso.  
int PPID;                //Siendo este el identificador del proceso padre.  
int tiempoInicio;        //Siendo este el tiempo en el que el proceso sale de la pila.  
int tiempoEjecucion;      //Siendo este el tiempo que el proceso pasa dentro del  
                           núcleo (el tiempo que se está ejecutando).  
int tiempoEnSO;          //Siendo este el tiempo que el proceso ha pasado en el sistema  
                           operativo.
```

Métodos **públicos**:

```
Proceso(); //Siendo este el constructor vacío.  
Proceso(int PID, int prioridad, int tiempoInicio, int tiempoEjecucion);  
//Siendo este el constructor parametrizado.  
~Proceso(); //Siendo este el destructor.
```

Hay que remarcar que el tiempo en el **sistema operativo se inicializa en 0**, y, el **PPID**, al ser irrelevante para la práctica, **será inicializado en 1**.



-Implementamos para **Núcleo** los siguientes métodos y atributos:

**Atributos privados:**

Proceso proceso; *//Siendo este el proceso que será ejecutado en el núcleo.*

bool libre; *//Siendo este un parámetro que indica si el núcleo está libre o no (dicho de otra manera, si está ejecutando algún proceso).*

int tiempoProcesado; *//Siendo este el tiempo que lleva siendo ejecutado un proceso en el núcleo.*

**Métodos públicos:**

Nucleo(); *//Siendo este el constructor.*

~Nucleo(); *//Siendo este el destructor.*

bool esVacio(); *//Siendo esto un bool que comprueba si el núcleo está vacío o no y devuelve un booleano en función de ello.*

void procesar(Proceso proceso); *//Siendo esta la función en la que un proceso se introduce en el núcleo para ser ejecutado.*

void quitarProceso(); *//Siendo esta la función en la que un proceso sale del núcleo.*

void mostrarNucleo(); *//Siendo esta la función que muestra el proceso dentro de un núcleo.*

int actualizar(); *//Siendo esta la función que suma 1 al tiempo en el sistema operativo y al tiempo procesado a los procesos dentro del núcleo, y luego comprueba si el proceso ha terminado de ser ejecutado. Si es así, llama a la función “quitarProceso()”.*

Es importante recalcar que la función “actualizar()” ha sido colocada tanto en la cola como en los núcleos, ya que de esta manera se irá sumando 1 a los tiempos en el sistema operativo de los procesos que estén tanto en la cola como en los núcleos, que componen el sistema operativo.

Anteriormente se realizó otra interpretación en la que se trataba el núcleo como una cola de un solo elemento, pero al no ser esta la función específica para la que se diseñaron las colas, se decidió implementar de esta manera que es igualmente funciona.

### 3. Métodos del núcleo

En este apartado profundizaremos en las funciones más importantes del núcleo, remarcando cómo se inicializan y señalando detalles importantes.

#### **Nucleo::Nucleo()**

```
{  
    proceso = Proceso();  
    libre = true;  
    tiempoProcesado = 0;  
}
```

---

Esta es la forma en la que se instancia un núcleo, con libre = True y el tiempoProcesado = 0.

---

#### **bool Nucleo::esVacio()**

```
{  
    return libre;  
}
```

---

Para esVacio() es un booleano que devuelve si el núcleo es libre o no (no olvidemos que “libre” se inicializa a True).

---

#### **void Nucleo::quitarProceso()**

```
{
```

```

    if(!esVacio())
    {
        proceso = Proceso();
        libre = true;
    }
}

```

---

Esta función se ejecuta si el núcleo no es vacío, ya que en caso de estar libre no se podría quitar un proceso del núcleo. Reemplaza el proceso por un “proceso vacío”, y declara el booleano libre a True, por lo que nuevos procesos pueden entrar en el núcleo.

---

**void Nucleo::mostrarNucleo()**

```

{
    if(!esVacio())
    {
        cout << "    PID: " << proceso.PID << endl;
        cout << "    PPID: " << proceso.PPID << endl;
        cout << "    Prioridad: " << proceso.prioridad << endl;
        cout << "    Minuto de entrada en el sistema: " << proceso.tiempoInicio << endl;
        cout << "    Tiempo que tarda en ejecutarse: " << proceso.tiempoEjecucion << endl;
        cout << "    Tiempo que lleva en el sistema operativo: " << proceso.tiempoEnSO +1 << endl;
        cout << endl;
    }
    else
    {
        cout << "    Núcleo vacío" << endl;
    }
}

```

```
        cout << endl;
    }
}
```

---

Esta función imprime por la pantalla las características del proceso que se está ejecutando en el núcleo en caso de haberlo. Si el núcleo está vacío, imprime “Núcleo Vacío” en su lugar.

---

**int Nucleo::actualizar()**

```
{
    if(!esVacio())
    {
        proceso.tiempoEnSO += 1;
        tiempoProcesado += 1;

        if (proceso.tiempoEjecucion == tiempoProcesado)
        {
            int tiempoTotalProceso = proceso.tiempoEnSO;

            cout << "El proceso con PID " << proceso.PID << " ha terminado! Ha estado "
            << tiempoTotalProceso << " minutos en el SO."<< endl;

            cout << endl;

            quitarProceso();

            tiempoProcesado = 0;

            return tiempoTotalProceso;
        }else
        {

```

```

        return 0;
    }
} else {
    return 0;
}
}

```

---

Esta función comprueba si el núcleo está ejecutando algún proceso, y, en caso de ser así, suma 1 a su tiempo procesado y al tiempo que lleva ese proceso en el sistema operativo. Después, si el tiempo de ejecución del proceso es el mismo tiempo que lleva procesado, significa que ha terminado de ejecutarse y por lo tanto el núcleo puede desalojarlo para dar paso a nuevos procesos. Al final de la función, el tiempo procesado se vuelve a inicializar a 0 y la función devuelve el tiempo total que ese proceso ha estado en el sistema operativo para hacer la media una vez todos los procesos hayan sido ejecutados. Hay varios “else” con return 0 para evitar warnings.

---

## 4. El main, esqueleto del programa

La interpretación que le dimos al programa y que se ve reflejada en el main, es la siguiente:

Lo primero que se muestra en la pantalla, es un menú que tiene las siguientes opciones:

**void menuInicio()**

```

{
    cout << endl;
    cout << "#-#-#-# Menú de opciones #-#-#-#" << endl;
    cout << "  1. Ingresar proceso" << endl;
    cout << "  2. Mostrar procesos" << endl;
}

```

```
cout << " 3. Borrar pila de procesos" << endl;
cout << " 4. Ejecutar manualmente" << endl;
cout << " 5. Ejecutar automáticamente" << endl;
cout << " 6. Salir" << endl;

cout << "#-#-#-#-#-#-#-#-#-#-#-#-#-#-#-#" << endl;

cout << endl;

cout << "Ingrese una opción: ";
}
```

---

La opción 1 te permite añadir un proceso (o varios) de la pila de procesos disponibles, una estructura llena de procesos predefinidos en el código. Es importante remarcar que todos los procesos que se añadan lo harán con la función insertarTiempo, por lo que se ingresarán en la pila en función de su tiempo de inicio.

La opción 2 te permite mostrar los procesos de la pila que se vayan a ejecutar en el sistema operativo.

La opción 3 te permite borrar los procesos de la pila.

La opción 4 te permite ejecutar la aplicación dejando al usuario la libertad de añadir el tiempo que quiera que pase en el sistema operativo y, conforme avanza la ejecución de los procesos, también te permite mostrar la información de los procesos que están siendo ejecutados en los núcleos.

La opción 5 te permite ejecutar la aplicación de modo automático, es decir, acaba el proceso y te da la media del tiempo que los procesos han estado en el sistema operativo, proporcionando además toda la información, minuto a minuto.

La opción 6 te permite salir del programa.

---

**void crearProcesos(int *n*)**

```
{
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        if (!procesosDisponibles.esVacia())
```

```

{
    pila.insertarTiempo(procesosDisponibles.cimaPila());
    procesosDisponibles.desapilar();
    if(procesosDisponibles.esVacia())
    {
        cout << "Ya se ha añadido el máximo número de porcesos." << endl;
    }
} else {
    cout << "No hay más procesos disponibles :(" << endl;
    break;
}
}
}

```

---

Esta función se encarga de añadir procesos de la pila de procesos disponibles a la pila de procesos que se quieran ejecutar.

---

### **void detallesProcesosEjecucion()**

```

{
    cout << "- Proceso en ejecución en núcleo 1: " << endl;
    n1.mostrarNucleo();
    cout << "- Proceso en ejecución en núcleo 2: " << endl;
    n2.mostrarNucleo();
    cout << "- Proceso en ejecución en núcleo 3: " << endl;
    n3.mostrarNucleo();
}

```

```
    cout << endl;
}
```

---

Muestra información de los núcleos y los procesos que contienen.

---

**void mostrarPilayCola()**

```
{
    cout << "La pila ahora es así: ", pila.mostrar();
    cout << "La cola ahora es así: ", cola.mostrarCola();
    cout << endl;
}
```

---

Muestra el estado actual de la pila de procesos y la cola de espera.

---

**void menuEjecucion()**

```
{
    cout << endl;
    cout << "----- Menú de ejecución -----" << endl;
    cout << "  1. Mostrar detalles de procesos en ejecución" << endl;
    cout << "  2. Continuar" << endl;
    cout << "  3. Continuar N minutos" << endl;
    cout << "  4. Terminar Automáticamente" << endl;
    cout << "-----" << endl;
    cout << endl;
}
```



```
    cout << "Ingrese una opción: ";  
}
```

---

Muestra un menú con opciones una vez el sistema operativo ha terminado un ciclo de tiempo. Esta opción solo se puede ver si el usuario ha seleccionado “modo manual”.

La opción 1 muestra los detalles de los núcleos y los procesos que en ellos se están ejecutando.

La opción 2 recorre otro ciclo de tiempo de un minuto.

La opción 3 le permite al usuario seleccionar el número de minutos que desee que transcurran en la aplicación.

La opción 4 cambia el modo manual a modo automático y hace que la aplicación termine, mostrando la información minuto a minuto.

---

**void ejecutar(bool *manual*)**

```
{  
    int contador = 0;  
    int sumar = 0;  
  
    while (!cola.esVacia() || !pila.esVacia() || !n1.esVacio() || !n2.esVacio()  
    || !n3.esVacio())  
    {  
        if(manual)  
        {  
            menuEjecucion();  
  
            int opcion = 0;  
            cin >> opcion;  
  
            if (cin.fail()) {
```

```
    cin.clear();  
    cin.ignore();  
    opcion = 0;  
}  
  
switch (opcion)  
{  
    case 1:  
        detallesProcesosEjecucion();  
        sumar = 0;  
        break;  
    case 2:  
        sumar = 1;  
        break;  
    case 3:  
        cout << "Ingrese el tiempo a sumar: ";  
        cin >> sumar;  
        cout << endl;  
        break;  
    case 4:  
        manual = false;  
        sumar = 0;  
        break;  
  
    default:  
        cout << "Opción no válida" << endl;  
        cout << endl;  
        break;  
}
```

```
}else{
```

```
    sumar = 1;
```

```
}
```

```
for (int i = 0; i < sumar; i++)
```

```
{
```

```
    contador += 1;
```

```
    cout << "_____ " << endl;
```

```
    cout << " * Minuto actual: " << contador << endl;
```

```
    cout << endl;
```

```
//Saco a la cola los procesos que arrancan en este minuto
```

```
while (pila.cimaPila().tiempoInicio == contador && !pila.esVacia())
```

```
{
```

```
    cola.encolarPrioridad(pila.cimaPila());
```

```
    pila.desapilar();
```

```
}
```

```
// Asigno procesos a los núcleos si están libres
```

```
if (n1.esVacio() && !cola.esVacia()){
```

```
    n1.procesar(cola.desencolar());
```

```
}
```

```
if (n2.esVacio() && !cola.esVacia()){
```

```
    n2.procesar(cola.desencolar());
```

```
}
```

```
if (n3.esVacio() && !cola.esVacia()){
```

```
    n3.procesar(cola.desencolar());
```

```
}
```

```
if (!manual)  
{  
    mostrarPilayCola();  
    detallesProcesosEjecucion();  
    cout << endl;  
}
```

```
int t1 = n1.actualizar();  
int t2 = n2.actualizar();  
int t3 = n3.actualizar();
```

```
sumaTiempos += t1 + t2 + t3;
```

```
if (t1 != 0)  
{  
    procesosEjecutados += 1;  
}
```

```
if (t2 != 0)  
{  
    procesosEjecutados += 1;  
}
```

```
if (t3 != 0)  
{  
    procesosEjecutados += 1;  
}
```

```

        cola.actualizar();

        if (cola.esVacia() && pila.esVacia() && n1.esVacio() && n2.esVacio() &&
n3.esVacio())
        {
            break;
        }
    }
}

cout << "Se han necesitado " << contador << " minutos para procesar todos los
procesos." << endl;

cout << "Se han ejecutado " << procesosEjecutados << " procesos." << endl;

if (procesosEjecutados != 0)
{
    cout << "El tiempo medio de estancia de los procesos en el sistema operativo ha
sido de " << sumaTiempos/procesosEjecutados << " minutos." << endl;
} else {
    cout << "No se ha ejecutado ningún proceso." << endl;
}

// Reinicio de variables para una posible nueva iteración

contador = 0;

sumaTiempos = 0;

procesosEjecutados = 0;

definirProcesos();
}

```

---

La siguiente función es en la que reside la mayor parte del peso de la aplicación. El usuario entra a ella una vez selecciona “modo manual” o “modo automático” y solo sale de ella cuando ya se han ejecutado todos los procesos. Controla el paso del tiempo y la correcta suma de los tiempos que los procesos tardan en ejecutarse.

Lo primero que hace es inicializar las variables contador y suma a 0. Contador es una variable que guarda el tiempo que transcurre durante el uso de la aplicación. Lleva el “tiempo actual”. Sumar, por otra parte, es el número de minutos que introduce el usuario cuando introduce en un menú la cantidad de minutos que quiere que transcurran en el programa.

Tras esto, entra en el bucle while que comprueba que:

-La pila no está vacía

-La cola no está vacía

-Los núcleos no están vacíos

Es decir, el bucle finaliza cuando ya no queden procesos que ejecutar.

Una vez se ha entrado en el bucle, se pasa por un if. Si se ha accedido de manera manual, se muestra el menú de ejecución que vimos anteriormente (si selecciona la primera opción, permite ver los detalles de los núcleos, si selecciona la segunda, establece el valor de “sumar” a 1, si selecciona la tercera, solicita al usuario una cantidad de minutos y establece el valor de “sumar” a esa cantidad de minutos), y si ha entrado en modo automático, establece el valor de sumar a 1.

Tras esto, se entra en un bucle for que se ejecuta tantas veces como el valor de “sumar”. Incrementa en 1 el valor del contador, todos los procesos que salgan de la pila en ese minuto, se trasladan a la cola en orden de prioridad, introduce los procesos de la cola en los núcleos (siempre que se pueda, ya que primero tiene que comprobar que están vacíos), ejecuta la función actualizar() de los núcleos (explicada anteriormente) que devuelve 0 si el proceso no ha terminado de ser ejecutado o devuelve el tiempo que ha estado el proceso en el sistema operativo en caso contrario. Posteriormente, suma esos tiempos e incrementa la variable sumaTiempos, una variable en la que se recogerá el total de tiempo que han estado todos los procesos en el sistema operativo (y con la que se hará la media una vez haya terminado la aplicación). En caso de haber devuelto la función actualizar algo distinto de 0 (lo que significa el fin de la ejecución de un proceso), suma 1 a los procesosEjecutados. Por último, ejecuta la función actualizar() de las colas (sumando así 1 a los minutos que llevan los procesos en la cola).

De esta manera habría salido del bucle for y del bucle while, y solo quedaría hacer la división de todo el tiempo conjunto que han estado los procesos en el SO (sumaTiempos) y el número de procesos que se han ejecutado (procesosEjecutados).

---

```
int main(){
```

```
    bool salir = false;
```

```
    definirProcesos();
```

```
    while(salir == false)
```

```
    {
```

```
        menuInicio();
```

```
        int opcion = 0;
```

```
        cin >> opcion;
```

```
        if (cin.fail()) {
```

```
            cin.clear();
```

```
            cin.ignore();
```

```
            opcion = 0;
```

```
        }
```

```
        int cuantos = 0;
```

```
        switch (opcion)
```

```
        {
```

```
        case 1:
```

```
            cout << "Ingrese la cantidad de procesos a crear: ";
```

```
            cin >> cuantos;
```

```
            if (cin.fail()) {
```

```
                cin.clear();
```

```
                cin.ignore();
```

```

        cuantos = 0;
    }else{
        crearProcesos(cuantos);
    }
    break;
case 2:
    cout << endl;
    cout << "La pila actual es esta: " << endl ,
    pila.mostrar();
    break;
case 3:
    while (!pila.esVacia())
    {
        pila.desapilar();
    }
    cout << "La pila ha sido borrada." << endl;
    if (procesosDisponibles.esVacia())
    {
        definirProcesos();
        cout << "Se han redefinido los procesos" << endl;
    }

    break;
case 4:
    ejecutar(true);
    break;
case 5:
    ejecutar(false);
    break;

```



```
    case 6:

        salir = true;

        break;

    default:

        cout << "Opción no válida" << endl;

        break;

    }

}

return 0;

}
```

---

Por último, hay que abordar la función `main()` de la aplicación.

Toda esta función es un bucle `While` en la que cuando `salir = False` se vuelve a ejecutar. Al seleccionar la opción 6, `salir = True`.

Lo primero que hace es mostrar el menú de inicio, comentado anteriormente. Lo único remarcable sobre esto es que cuando se selecciona la opción 4, llama a ejecutar con `manual = True` y cuando se selecciona la opción 5, llama a ejecutar con `manual = False`.

A partir de ahí, es la función `ejecutar` la que se encarga de la ejecución de los procesos y del correcto funcionamiento del programa.

---