



DEPARTAMENTO  
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

# Trabajo Práctico I

## Scheduling

Sistemas Operativos  
Primer Cuatrimestre 2015

Integrante	LU	Correo electrónico
Aldasoro Agustina	86/13	agusaldasoro@gmail.com
More Ángel	931/12	angel_21_fer@hotmail.com
Zimenspitz Ezequiel	155/13	ezeqzim@gmail.com



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)

Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel/Fax: (54 11) 4576-3359

<http://www.fcen.uba.ar>

## Resumen

El presente trabajo aborda el desarrollo algorítmico de varios Schedulers, como así también de tipos de tareas que deberán ejecutar. Se evaluará el comportamiento de cada algoritmo para una serie de tareas dadas y, a su vez, cómo afecta dicho desarrollo si intervienen otros factores tales como modificaciones en el quantum o en la cantidad de núcleos. Por último, compararemos el rendimiento de distintos Schedulers bajo diversas métricas.

## Índice

<b>1. Parte I</b>	<b>3</b>
1.1. Ejercicio 1: TaskConsola . . . . .	3
1.2. Ejercicio 2: Ejecución de tres tareas para TaskConsola . . . . .	3
<b>2. Parte II</b>	<b>5</b>
2.1. Ejercicio 3: Scheduler Round-Robin . . . . .	5
2.2. Ejercicio 4: Ejecución de lotes de tareas para Round-Robin . . . . .	6
2.3. Ejercicio 5: Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard-real-time environment	11
2.3.1. ¿Qué problema están intentando resolver los autores? . . . . .	11
2.3.2. ¿Por qué introducen el algoritmo de la sección 7? ¿Qué problema buscan resolver con esto? . . . . .	11
2.3.3. Explicación coloquial del teorema 7 . . . . .	12
2.3.4. Scheduler . . . . .	12
<b>3. Parte III</b>	<b>15</b>
3.1. Ejercicio 6: TaskBatch . . . . .	15
3.2. Ejercicio 7: Ejecución lote de tareas TaskBatch . . . . .	15
3.3. Ejercicio 8: Scheduler Round-Robin modificado . . . . .	23
3.3.1. Análisis bajo métricas . . . . .	24
3.4. Ejercicio 9: Ejecución lote de tareas . . . . .	28
<b>4. Conclusión</b>	<b>29</b>

## 1. Parte I

### 1.1. Ejercicio 1: TaskConsola

Programar un tipo de tarea *TaskConsola*, que simulará una tarea interactiva. La tarea debe realizar  $n$  llamadas bloqueantes, cada una de una duración al azar entre  $bmin$  y  $bmax$  (inclusive). La tarea debe recibir tres parámetros:  $n$ ,  $bmin$  y  $bmax$  (en ese orden) que serán interpretados como los tres elementos del vector de enteros que recibe la función.

Al momento de ejecutar la tarea *TaskConsola*, lo que realiza nuestro algoritmo es *uso\_IO*  $n$  veces (se bloquea  $n$  veces), eligiendo cada vez un número al azar entre  $bmin$  y  $bmax$ . Esta elección se realiza mediante la función *rand()*, fijando la semilla en *srand(time(NULL))* de modo que varía entre ejecuciones seguidas.

### 1.2. Ejercicio 2: Ejecución de tres tareas para TaskConsola

Escribir un lote de 3 tareas distintas: una intensiva en CPU y las otras dos de tipo interactivo (*TaskConsola*). Ejecutar y graficar la simulación usando el algoritmo FCFS para 1, 2 y 3 núcleos.

El comportamiento de un Scheduler basado en la técnica FCFS (First Come, First Served) consiste en ejecutar cada tarea entrante, acorde a su orden de aparición en *ready* sin realizar ninguna interrupción ni cambio de tarea. Cada tarea ejecuta desde su comienzo hasta que finaliza. El lote de tareas que observamos consistió de tres tareas: dos se corresponden el tipo de tarea *TaskConsola* y la restante *TaskCPU* (sólo realiza un uso intensivo del CPU -sin bloqueo-).

Las tareas utilizadas son las siguientes:

```
TaskConsola 4 2 7
TaskCPU 3
@3:
TaskConsola 5 1 10
```

Además, para observar cómo varía el tiempo total (si es que lo hace), se simuló la ejecución para 1, 2 y 3 cores. Se le otorgó un costo de cambio de contexto de un clock a todos los casos. Dado que en este tipo de Scheduler no hay migración de procesos entre los distintos núcleos, los demás parámetros no son de importancia.

Los diagramas de Gantt obtenidos fueron los siguientes:

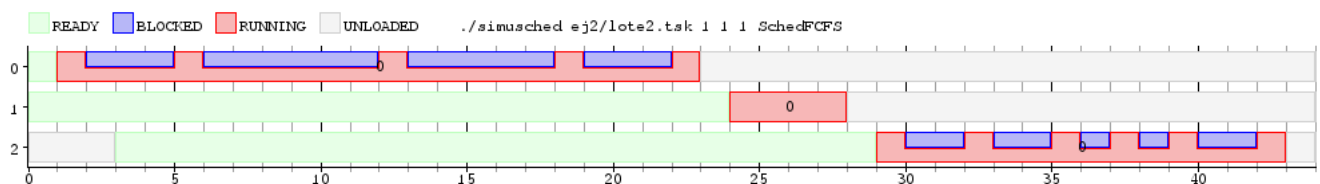


Figura 1: Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 1 núcleo.

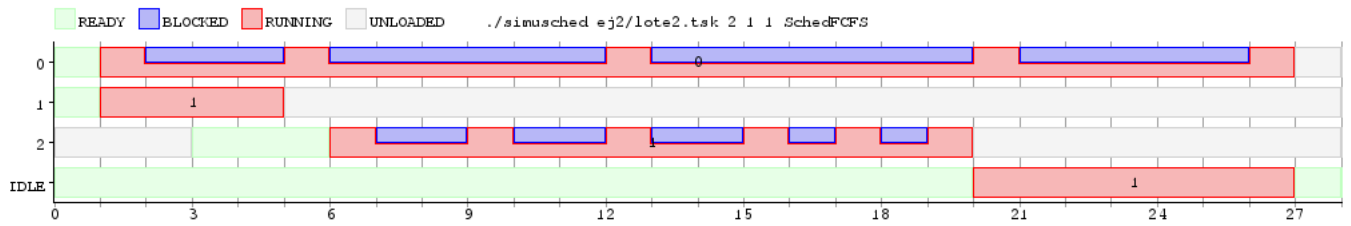


Figura 2: Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos.

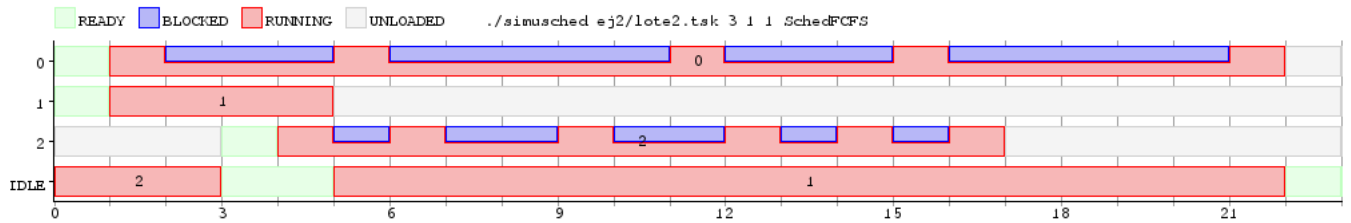


Figura 3: Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 3 núcleos.

Conociendo el comportamiento explicado, es coherente que el primer caso (donde se cuenta con un sólo núcleo) es donde ejecutar el lote de tres tareas conlleva mayor tiempo. Esto se debe a que el tiempo que demora en ejecutar las tres tareas es la suma de los tiempos de cambio de contexto, el tiempo de ejecución para cada una y el tiempo que permanece bloqueado.

En cambio, al ejecutarlo con dos o tres núcleos se puede apreciar en los diagramas cómo se ejecutan tareas en simultáneo. Este comportamiento reduce notablemente el tiempo de ejecución total, ya que en este caso no sería la suma del tiempo parcial para cada tarea.

Al aumentar en una unidad el número de cores: la primer tarea disponible comenzó a ejecutarse. Dado que aun disponemos de otro core; cuando una segunda tarea pasó a estar disponible, pudo ser ejecutada al instante por el núcleo adicional. Y cuando uno de los núcleos se desocupó, se ejecutó la última tarea. Gracias a que dos tareas pudieron ejecutarse simultáneamente el tiempo total disminuyó.

Aún más cuando se trabajó con 3 cores, cada tarea pudo ser ejecutada en un núcleo distinto y como pudieron ejecutarse todas a la vez, el tiempo total fue igual al máximo entre  $release\ time_j + c_j$ , donde  $j$  indica alguna de las tres tareas utilizadas y  $c_j$  su tiempo de ejecución.

## 2. Parte II

### 2.1. Ejercicio 3: Scheduler Round-Robin

Completar la implementación del scheduler Round-Robin implementando los métodos de la clase *SchedRR* en los archivos *sched\_rr.cpp* y *sched\_rr.h*. La implementación recibe, como primer parámetro, la cantidad de núcleos y a continuación los valores de sus respectivos *quantums*. Debe utilizar una única cola global, permitiendo así la migración de procesos entre núcleos.

Las estructuras de datos con las que vamos a trabajar, en la clase *SchedRR*, son las siguientes:

```
int cores;
vector<int> quantums;
vector<int> quantums_timer;
vector<int> actuales;
queue< int, deque<int> > cola;
```

- **cores** es la cantidad de núcleos.
- **quantums** es un vector de *cores* posiciones, que guarda en *quantums[i]* el valor del quantum asignado al núcleo *i*.
- **quantus\_timer** es un vector, tal que *quantus\_timer[i]* representa el valor del quantum restante para la tarea corriendo en el núcleo *i*.
- **actuales** vector que indica el PID de la tarea ejecutándose en el núcleo *i* (*actuales[i]*). Para los núcleos sin tarea devuelve la constante *IDLE\_TASK*.
- **cola** es la cola de tareas que restan ser ejecutadas.

#### Constructor Scheduler Round-Robin

Al construir un Scheduler Round-Robin se recibe como parámetro la cantidad de cores (*argn[0]*) y sus *cpu\_quantum* (*argn[1:i-1]*). Se instancian las estructuras de datos de modo que: se le asigna la cantidad de cores correspondientes (con sus respectivos *quantums*), todas las tareas actuales se definen como *Idle* y la cola está vacía.

#### Función Load

Recibe el *pid* de una nueva tarea como parámetro. Luego, se la encola en las tareas pendientes.

#### Función Tick

Recibe *cpu* como parámetro y el *Motivo*.

Si la tarea que estaba corriendo en ese core se terminó, se bloqueó o era la *Idle*, se devuelve el *pid* de la próxima tarea a ejecutar mediante la función *next* (*next(cpu)*). Sino voy a actualizar el *quantums\_timer* (restarle 1) en la posición correspondiente al *cpu*. Si el timer llegó a cero significa que la tarea no terminó pero si lo hizo su quantum por lo que se la encola como tarea pendiente en *cola* y se procede a utilizar (*next(cpu)*) para obtener el *pid* de la siguiente a ejecutar.

#### Función Next

La función *Next* también va a ser invocada para un sólo núcleo *cpu* pasado por parámetro. Si se llama a esta función significa que se debe cambiar de tarea y devolver el *pid* de la nueva a ejecutar. Como comenzara a ejecutarse otra tarea el quantum de la misma, en ese core, será el máximo que tenga disponible:

```
quantums_timer[cpu] = quantums[cpu];
```

Si no hay tareas para ejecutar (la cola esta vacía) se asigna como próxima a ejecutar la IDLE devolviendo su pid, en caso contrario sera la próxima en la cola.

### Función Unblock

Dado que cuando una tarea se bloquea es desalojada para que otra disponible comience a ejecutarse, cuando el bloqueo de la misma termina, se la vuelve a encolar como una tarea disponible para ser ejecutada en su debido momento.

## 2.2. Ejercicio 4: Ejecución de lotes de tareas para Round-Robin

La implementación de este scheduler está mal, se comporta de maneras extrañas \* No implementaron la función unblock \* Con un lote de tareas básico como este: TaskCPU 10@3: TaskCPU 10 y con estos parametros: /simusched Lotes/prueba 1 1 1 SchedRR 1 5 no respeta el quantum asignado

Diseñar uno o más lotes de tareas para ejecutar con el algoritmo del ejercicio anterior. Graficar las simulaciones y comentarlas, justificando brevemente por qué el comportamiento observado es efectivamente el esperable de un algoritmo Round-Robin.

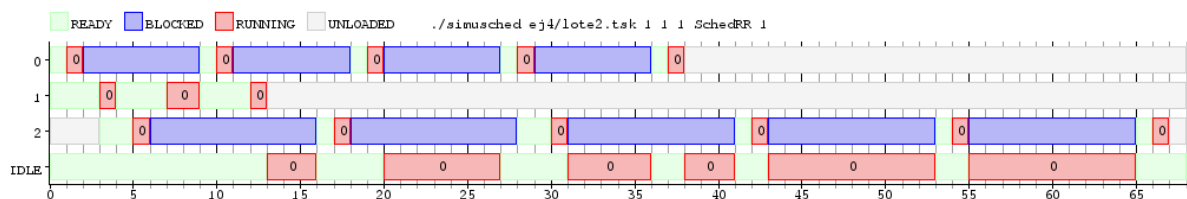
Con el fin de observar el comportamiento del Scheduler basado en la metodología Round Robin evaluamos tres casos:

### Caso 1

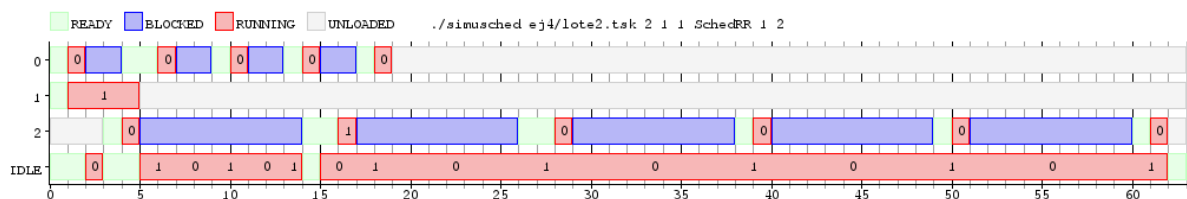
Ejecutamos el mismo lote de tareas utilizado anteriormente (Sección 1.2), manteniendo los mismos parámetros, para así poder evaluar y comparar un Scheduler basado en Round Robin y otro en FCFS.

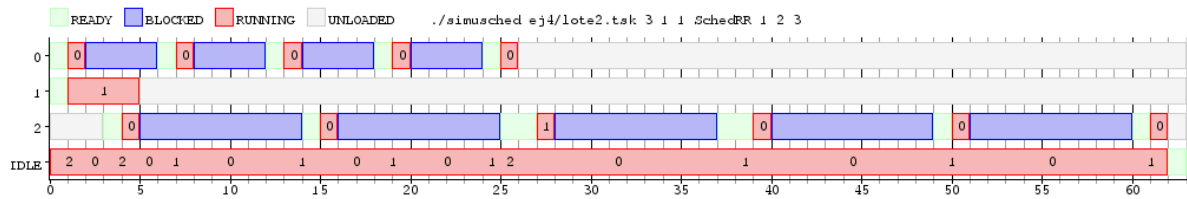
```
TaskConsola 4 2 7
TaskCPU 3
Q3:
TaskConsola 5 1 10
```

Los diagramas de Gantt obtenidos fueron los siguientes:



**Figura 4:** Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 1 núcleo con Scheduler Round Robin.



**Figura 5:** Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos con Scheduler Round Robin.**Figura 6:** Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 3 núcleos con Scheduler Round Robin.

A partir de los resultados obtenidos; podemos ver que, para las **figuras 5 y 6**, el tiempo total de ejecución fue el mismo que para las figuras 2 y 3 respectivamente.

En estos casos, observamos que el tiempo dependió de la tarea *TaskConsola 4 2 7*. La cual tenía el mayor tiempo de ejecución.

Entonces, sin importar el modelo, aunque las otras dos tareas terminaron, el procesador tuvo que esperar a que finalice dicha tarea.

Un caso interesante para analizar es el de las **figuras 1 y 4**. En ambas, solo se utilizaba un núcleo pero, en el modelo Round Robin, el tiempo de ejecución fue menor. Esto se debe a que el comportamiento de dicho Scheduler permite cambios de contexto y migración de procesos.

Para el *modelo FCFS*, había que esperar que una tarea finalice para ejecutar la próxima; si la primera tenía mucho tiempo de bloqueo entonces, ese tiempo se desperciaba.

En el *modelo Round Robin* se pudieron aprovechar los tiempos que las tareas ocupaban bloqueados para ejecutar otras. Y dado que la tarea con mayor tiempo de ejecución era del tipo *TaskConsola*, con muchos períodos de bloqueo, el tiempo “perdido” fue suficiente para ejecutar las otras tareas en su totalidad.

Caso 2

Para este caso se creó un nuevo lote de tareas y lo que se busco fue: analizar cómo varía el tiempo total de ejecución para las mismas, a medida que se cambia el quantum para un total de dos cores.

Las tareas que se usaron son las detalladas a continuación:

```
TaskConsola 10 2 6
TaskCPU 10
@3:
TaskCPU 7
@2:
TaskConsola 7 4 10
```

Los resultados obtenidos fueron:

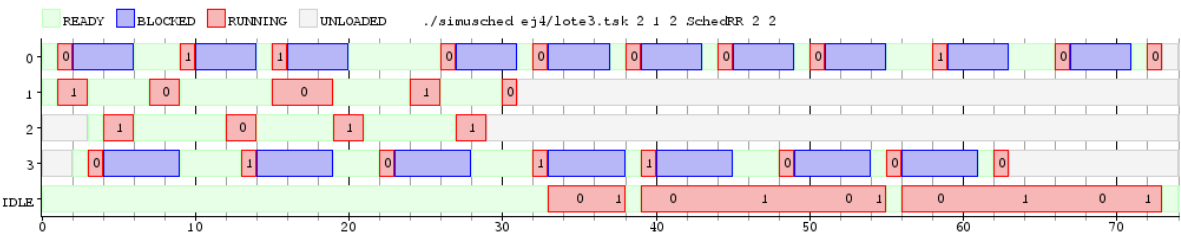


Figura 7: Diagrama para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos con quantum de 2 y 2 ciclos respectivamente.

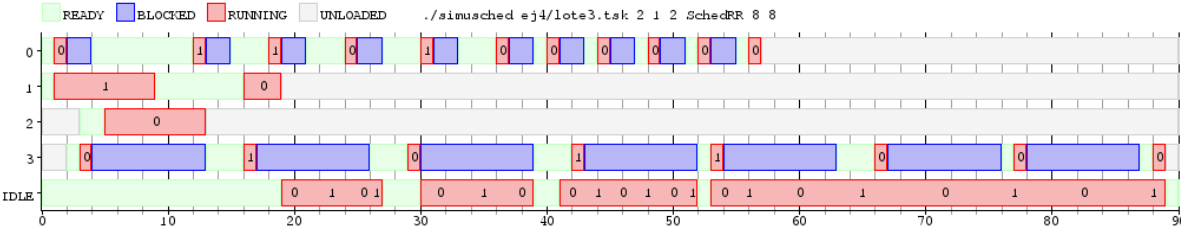


Figura 8: Diagrama para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos con quantum de 8 y 8 ciclos respectivamente.

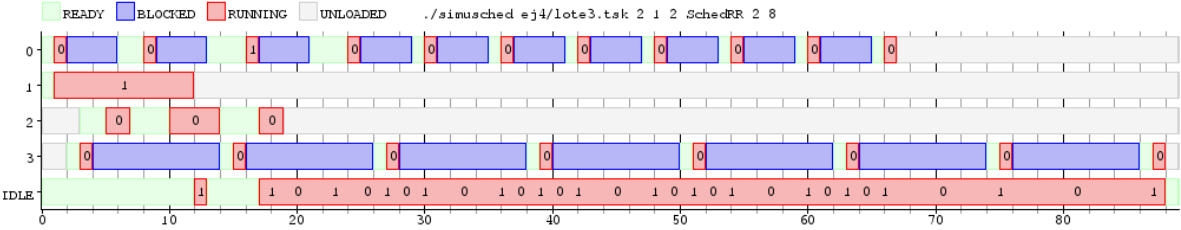


Figura 9: Diagrama para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos con quantum de 2 y 8 ciclos respectivamente.



La hipótesis que nos llevo a realizar esta experimentación fue pensar que si los quantums asignados a cada core eran muy bajos, entonces el tiempo total de ejecución para los procesos iba a ser mayor que si se utilizaran quantums con una cantidad de ciclos mayor. Los resultados obtenidos se acercan a lo esperado, para quantums muy chicos el tiempo de ejecución total aumenta frente a otros casos (se puede observar dicho comportamiento en la **figura 7**). Principalmente, cuando se utilizan quantums muy chicos ocurren muchos cambios de contextos. Si su tiempo no es depreciable, aumenta el tiempo total que el procesador necesita para ejecutar todas las tareas.

Luego, al aumentar el quantum de cada core a 8 (**figura 8**), observamos que el tiempo total fue menor que para el caso anterior ya que se produjeron menos cambios de contexto.

Sin embargo, cuando se usó un quantum bajo y otro de mayor ciclo (**figura 9**), el tiempo total bajó con respecto al anterior caso. Podemos atribuir este comportamiento al tipo de tareas con el que trabajamos.

Como se observa, algunas tareas pudieron migrar en este último caso y finalizar su ejecución más rápidamente. Intuyendo, con estos resultados, que quantums de ciclos muy bajos no son beneficiosos.

Lo mejor es encontrar un promedio de la cantidad de ciclos para un quantum dado que para valores mas grandes también se observó que puede tardar más con respecto a otros casos.

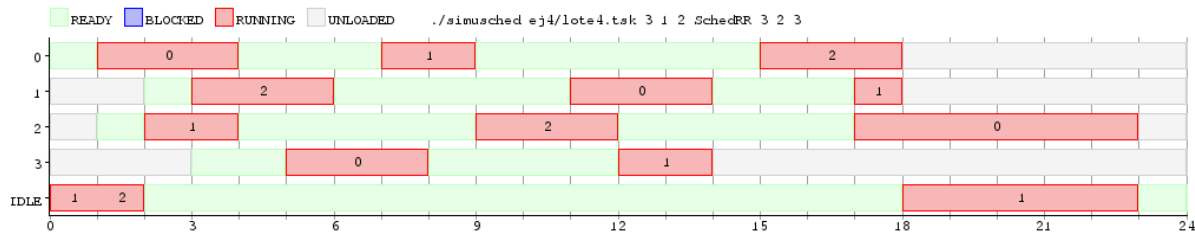
Caso 3

En el último caso se observó el comportamiento para un lote de tareas, a medida que modificabamos el número de núcleos en los que se ejecutaban las mismas.

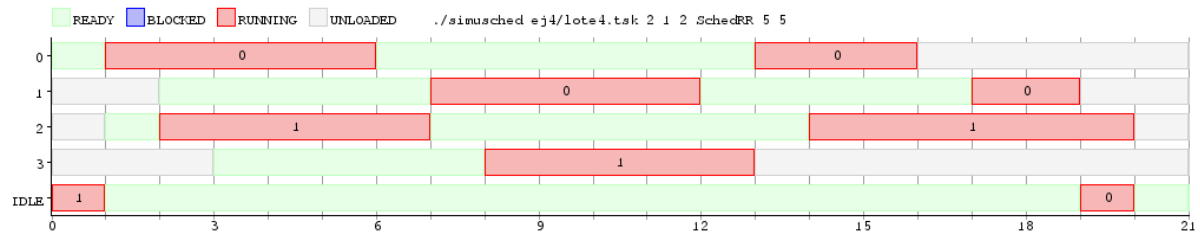
Las tareas usadas fueron:

```
TaskCPU 7
@2:
TaskCPU 6
@1:
TaskCPU 10
@3:
TaskCPU 4
```

Obteniendo los siguientes resultados:



**Figura 10:** Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 3 núcleos con Scheduler Round Robin.



**Figura 11:** Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos con Scheduler Round Robin.

En este último caso, quisimos comparar el comportamiento de un mismo lote de tareas cuando modificábamos el número de cores bajo un Scheduler Round Robin.

Lo que observamos fue que cuando se contaba con un número mayor de cores, las migraciones de procesos fueron más frecuentes. Debido a que estas no son despreciables -de hecho tienen un costo de 2 ciclos-; al producirse en gran cantidad, el tiempo total para la finalización de tareas aumentó considerablemente.

Como se observa en la **figura 10**, hay un gran lapso de tiempo entre la ejecución de una misma tarea, teniendo en cuenta que en cada quantum se ejecutaron en un core distinto.

En cambio, en la **figura 11** no se produjeron migraciones, y pese a que se contaba con un core menos, el tiempo fue menor. Pudiendo concluir que aunque las migraciones de procesos pueden ser provechosas como se observó en el Caso 2 (Sección 2.2), si se producen en exceso pueden perjudicar la performance del procesador.

Arrastran error de la implementación anterior, de todas formas los archivos a los que hacen referencia en los gráficos difieren de lo que entregaron (al menos en nombre) y me llama la atención que no le pasan bien los parámetros al SchedRR (recibe num\_cores y luego #num\_cores quantums)

## 2.3. Ejercicio 5: Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard-real-time environment

A partir del artículo Liu, Chung Laung, and James W. Layland. *Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard-real-time environment*. *Journal of the ACM (JACM)* 20.1 (1973): 46-61.

### 2.3.1. ¿Qué problema están intentando resolver los autores?

Frente al avance que se venía produciendo esos años en el uso de las computadoras para distintos procesos industriales, los autores establecieron que este comportamiento se iría masificando aún más y que una correcta aplicación solo es posible cuando se tiene un Scheduler eficiente y factible. Lo consideraron primordial en aquellos usos para los cuales se requerían que las tareas llevadas a cabo se ejecuten dentro de un lapso de tiempo determinado (esto lo llaman "hard-real-time"). En caso contrario, una respuesta tardía podría provocar un efecto no deseado en una aplicación o no sería de interés.

Otro motivo por el cual intentaron desarrollar este tema fue, como describen a lo largo del paper, que hasta entonces estaban orientados a contextos en los que no existía una cota de tiempo para llevar a cabo todas las tareas. Y los que poseían hacían uso de varios supuestos, llevando a situaciones irreales ciertos casos.

Por estos motivos, plantearon dos modelos de Scheduler para tareas en un entorno de *hard-real-time*. Ambos se basan en fijar prioridades para cada una de las tareas: uno de manera estática y el otro dinámicamente. Además para mejorar el rendimiento del mismo, buscan establecer cotas (cuando es posible) para determinar si es aplicable alguno de los modelos de manera que no se produzca *overflow* (alguna de las tareas finalice su ejecución después del tiempo límite).

### 2.3.2. ¿Por qué introducen el algoritmo de la sección 7? ¿Qué problema buscan resolver con esto?

En la sección 7 se introduce un nuevo algoritmo, el cual es para un scheduler basado en asignaciones de prioridades dinámicamente (llamado *The deadline Driven Scheduling*). Lo introducen como una variante al algoritmo de prioridades fijas (presentado previamente), intentando evitar o disminuir algunos de los problemas presentados para dicho modelo.

Una de los problemas a resolver es mejorar las asignaciones de las prioridades, de manera de aprovechar el procesador mejor. A diferencia del modelo de prioridades fijas, donde la utilización del procesador podía variar de un 70 % a un 100 %. De esta forma, este nuevo algoritmo establece que, en el caso de tener las suficientes tareas, el nuevo modelo nunca va a ejecutar la IDLE (si hay alguna otra disponible), sino que siempre se va a estar ejecutando alguna otra, teniendo un mejor aprovechamiento del CPU.

Para conseguir esto, se va a aumentar o disminuir la prioridad de una tarea conforme se acerca a su deadline, es decir las prioridades de una misma tarea van a ser modificadas a lo largo de su ejecución. Además, buscaron determinar si un conjunto de tareas evitaría producir *overflow*, con este algoritmo.

En el caso del scheduler con prioridades fijas, se estableció una condición para tal motivo (*teorema 4*<sup>1</sup>), pero esta es sólo necesaria. Para el scheduler presentado en esta sección se desarrolló una nueva condición, *teorema 7*, la cual garantiza que si se cumple entonces es aplicable el algoritmo y en caso contrario, no lo es (el mismo será explicado en el siguiente punto).

---

<sup>1</sup>Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a HardReal-Time Environment. C. L. LIU Project MAC, Massachusetts Institute of Technology AND JAMES W. LAYLAND Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. pág 6

### 2.3.3. Explicación coloquial del teorema 7

Teorema 7:<sup>2</sup>

*For a given set of  $m$  tasks, the deadline driven scheduling algorithm is feasible if and only if*

$$(C_1/T_1) + (C_2/T_2) + \dots + (C_m/T_m) \leq 1$$

*Siendo  $C_i$  el tiempo de ejecución para una tarea  $i$ ,  $1 \leq i \leq m$ , y  $T_i$  su respectivo período.*

En las secciones anteriores al presente teorema, se determina que la fracción de CPU que utiliza una tarea en el sistema esta dado por  $C_i/T_i$  (*the utilization factor*). Lo que se plantea en este teorema es que un Scheduler, para una cantidad  $m$  de tareas, es factible y por lo tanto realizable sin que se produzca overflow cuando la suma del costo de CPU de cada tarea es menor o igual a uno. Es decir que el ejecutar todas las tareas este dentro de la capacidades del CPU (no supere el 100% del rendimiento del mismo), ya que en caso contrario se estaria exigiendo que el CPU trabaje a un límite mayor, lo cual es imposible.

### 2.3.4. Scheduler

*Diseñar e implementar un scheduler basado en prioridades fijas y otro en prioridades dinámicas. Para eso, complete las clases SchedFixed y SchedDynamic que se encuentran en los archivos sched.fixed.[h—cpp] y sched.dynamic.[h—cpp] respectivamente.*

## Implementaciones:

Dado el contexto temporal en el que se plantearon ambos scheduler la cantidad de cores con los que los implementaremos será igual a 1.

## Scheduler con prioridades fijas:

Las estructuras de datos con las que vamos a trabajar, en la clase *SchedFixed*, son las siguientes:

```
struct datos{
    int pid;
    int periodo;
    bool operator< (const datos& otro) const{
        return otro.periodo <= periodo;
    }
};

vector<int> periodos;
priority_queue<datos> pq;
```

- **struct datos** Diseñado para representar a una tarea, en él se podrá encontrar el PID y el período de la misma.
- **periodos** vector donde cada posición representa un PID (dado que estos se enumeran desde el cero y se van incrementando en uno) en las mismas se encuentra el período que le fue asignado a cada tarea.
- **pq** cola de prioridad de datos donde la prioridad más alta la tiene aquel dato cuyo periodo es el menor. Dado que se esta implementando el scheduler con prioridades fijas, en él se atribuye que la prioridad esta dada por:

<sup>2</sup>Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a HardReal-Time Environment. C. L. LIU Project MAC, Massachusetts Institute of Technology AND JAMES W. LAYLAND Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. pág 10

$prioridad = 1/periodo$

Es decir a menor periodo mayor prioridad, es por esto que la cola siempre va a devolver como primer elemento el más prioritario respecto del período mínimo.

### Inicializando Scheduler Fixed, función initialize

Al construir el Scheduler basado en prioridades fijas, como primer medida se inicializó *periodos*, el mismo contiene el período asignado a cada tarea. Para esto, se utilizó la función *period* de esta manera en cada posición guardamos el correspondiente período asignado.

### Función Load

Recibe el *pid* de una nueva tarea como parámetro. Procede a crear una tarea del tipo *datos* con el *pid* recibido y el período del mismo que se puede obtener de *periodos* (*periodos[pid]*). Finalizado esto, se encola la tarea en *pq*.

### Función Tick

Recibe *cpu* como parámetro y el *Motivo*. Dado que se produjo un tick, se procede a actualizar (de ser necesario) la asignación del *cpu* para las distintas tareas. Es por esto, que si la tarea que se estaba ejecutando hasta entonces terminó, o si se estaba ejecutando la IDLE, y existe otra tarea en *pq*; la próxima a ejecutar será la primera de ella (la de menor período), en caso contrario se ejecutara la IDLE.

En el caso de no haber terminado la tarea, se procede a encolarla en *pq*. Si existe una tarea con mayor prioridad, será devuelta como próxima a ejecutar y sino será la misma que se acabó de encolar.

## Scheduler con prioridades dinámicas:

Las estructuras utilizadas, en la clase *SchedDynamic*, son las siguientes:

```
struct datos{
    int pid;
    int deadline;
    bool operator< (const datos& otro) const{
        return otro.deadline <= deadline;
    }
};

priority_queue<datos> pq;
datos actual;
bool primera;
```

- **struct datos** Al igual que para el scheduler anterior, está diseñado para representar a una tarea. En él, se encontrará el *PID* y el *deadline* de la misma.
- **pq** cola de prioridad de *datos* donde la prioridad más alta la tiene aquel cuyo deadline sea el menor. Como se está implementando un scheduler con prioridades dinámicas, en el mismo se atribuye que la prioridad mas alta la tiene aquella tarea cuyo deadline esta mas próximo a finalizar. Por lo que *pq* va a devolver como primer elemento (el de mayor prioridad) a la tarea con deadline mínimo.
- **actual** va a representar a la tarea ejecutandose actualmente.
- **primera** Se utiliza para saber si hay una tarea asignada a *actual*, la misma se inicializa con True en el constructor.

### Función Load

Recibe el *pid* de una nueva tarea como parámetro y procede a crear la tarea asociada a ese *pid*, el deadline de la misma será (inicialmente) su período. Finalizado esto, se encola la tarea en *pq*. En caso de que *primera* sea true, se le asigna a *actual* esta última tarea creada.

### Función Tick

Recibe *cpu* como parámetro y el *Motivo*. Al producirse un tick se procede a actualizar la asignación del *cpu* para las distintas tareas. Si la que se estaba ejecutando hasta entonces terminó, o si se estaba ejecutando la IDLE, y existe otra tarea en *pq*: la primer tarea de la cola será la próxima a ejecutar (la de menor deadline), en caso contrario se ejecutara la IDLE. En el caso de no haber terminado la tarea, se procede a encolar a *actual* en *pq* pero, disminuyendo su deadline en uno ya que la tarea completo un TICK. Si existe una tarea con mayor prioridad, será devuelta como próxima a ejecutar y sino, será la misma que se acaba de encolar.

### 3. Parte III

#### 3.1. Ejercicio 6: TaskBatch

Programar un tipo de tarea *TaskBatch* que reciba dos parámetros: *total\_cpu* y *cant\_bloqueos*. Una tarea de este tipo deberá realizar *cant\_bloqueos* llamadas bloqueantes, en momentos elegidos pseudoaleatoriamente. En cada tal ocasión, la tarea deberá permanecer bloqueada durante exactamente un (1) ciclo de reloj. El tiempo de CPU total que utilice una tarea *TaskBatch* deberá ser de *total\_cpu* ciclos de reloj (incluyendo el tiempo utilizado para lanzar las llamadas bloqueantes; no así el tiempo en que la tarea permanezca bloqueada).

Para programar este tipo de tarea se hace uso de la librería *set* provista por *c++*. Nuestra función, mediante el uso de *set*, arma un container con un total de *cant\_bloqueos*, cada uno con un valor pseudoaleatorio, dentro de su rango de tiempo de ejecución *total\_cpu*. Luego, para cada ciclo de clock se pregunta si ese momento está indicado para realizar una llamada bloqueante. En caso afirmativo, se ejecuta *uso\_IO(pid 1)*; en caso contrario, *uso\_CPU(pid 1)*.

Se decidió hacer uso de esta librería ya que insertar un nuevo elemento, así como buscarlo o determinar el tamaño del container, se realiza en tiempo logarítmico respecto a la cantidad de elementos. Esto es útil, sobretodo, ya que se deben tener tiempos de bloqueos no repetidos, lo cual se puede corroborar en tiempo logarítmico y no hay que reordenar el container y/o usar algún algoritmo de reordenamiento que podría hacer demorar mucho a nuestro algoritmo cuando se utilizan una gran cantidad de bloqueos.

#### 3.2. Ejercicio 7: Ejecución lote de tareas TaskBatch

Elegir al menos dos métricas diferentes, definir las y explicar la semántica de su definición. Diseñar un lote de tareas *TaskBatch*, todas ellas con igual uso de CPU, pero con diversas cantidades de bloqueos. Simular este lote utilizando el algoritmo *SchedRR* y una variedad apropiada de valores de quantum. Mantener fijo en un (1) ciclo de reloj el costo de cambio de contexto y dos (2) ciclos el de migración. Deben variar la cantidad de núcleos de procesamiento. Para cada una de las métricas elegidas, concluir cuál es el valor óptimo de quantum a los efectos de dicha métrica.

Las métricas elegidas fueron: Tiempo de Respuesta y *TournAround*.

*Tiempo de Respuesta*: Tiene en cuenta el tiempo que tarda cada proceso en empezar a ejecutarse desde su primera aparición en *ready*. Cuanto menor tiempo de Respuesta tienen los procesos, el usuario adquiere una mayor interactividad.

*TournAround*: Tiene en cuenta el tiempo que utiliza un proceso en ejecutarse completamente, es decir desde su primera aparición en *ready* hasta que termina su ejecución.

El lote de Tareas *TaskBatch* diseñado es el siguiente:

```
TaskBatch 25 3
TaskBatch 25 7
@3:
TaskBatch 25 0
@5:
TaskBatch 25 10
@7:
TaskBatch 25 5
@10:
TaskBatch 25 9
```

Ejecutamos este lote de tareas, considerando diferentes cantidades de núcleos variando dentro de ellas el quantum de cada uno (En los casos A se eligieron los quantums más chicos, en los C los más

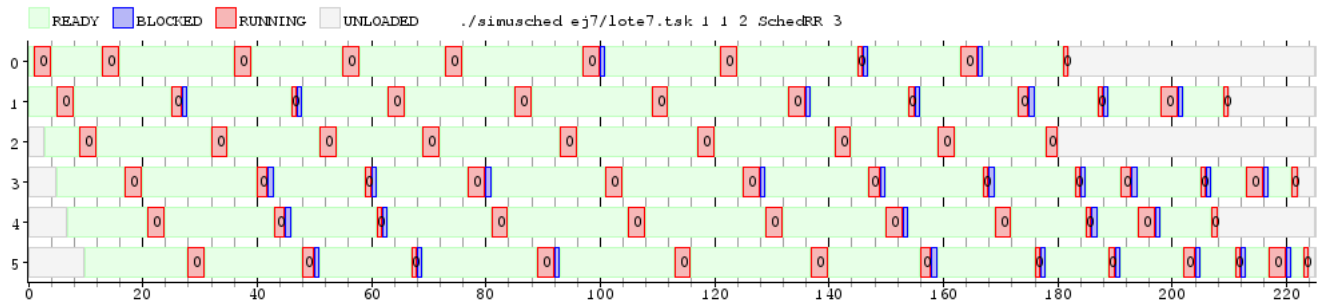
grandes y en los B los intermedios). En cada caso, tomamos el promedio de los valores de *Tiempo de Respuesta* y *TurnAround* para luego comparar cualitativamente.

**La desviación standard ademas del promedio hubiera agregado mas informacion**

Para cada caso a tratar, ejecutamos 100 veces el mismo comando para luego sacar un promedio de las mediciones hechas ya que estamos trabajando con números (pseudo)random. Exponemos un ejemplo tomado de cada caso a continuación:

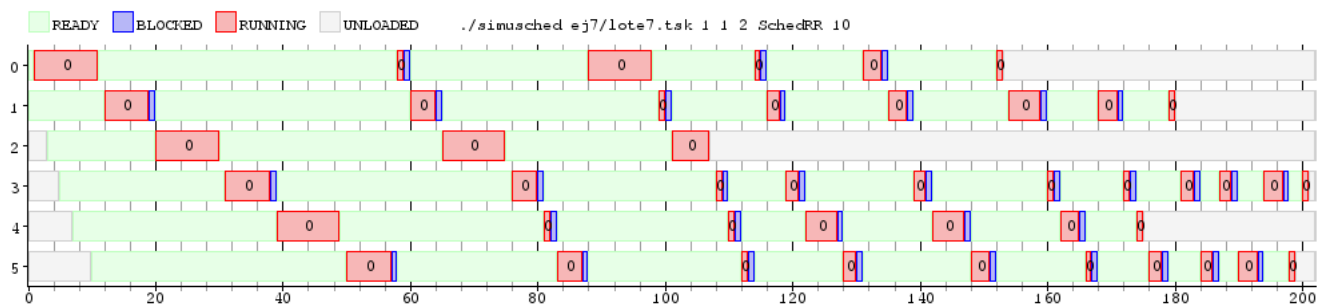
## 1 Núcleo

**Caso A:** El quantum de este núcleo es de 3 clocks.



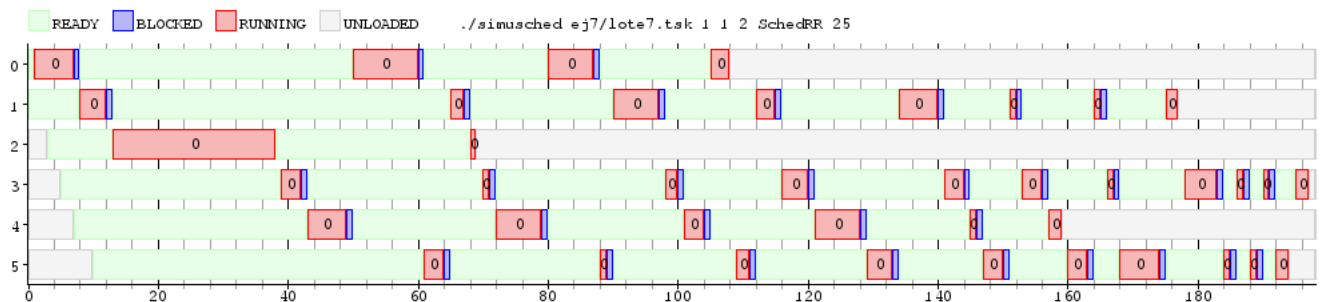
**Tiempo de Respuesta:** 9.16666667  
**Tiempo de TournAround:** 192.666667

**Caso B:** El quantum de este núcleo es de 10 clocks.



**Tiempo de Respuesta:** 18.5  
**Tiempo de TournAround:** 152.833333

**Caso C:** El quantum de este núcleo es de 25 clocks.

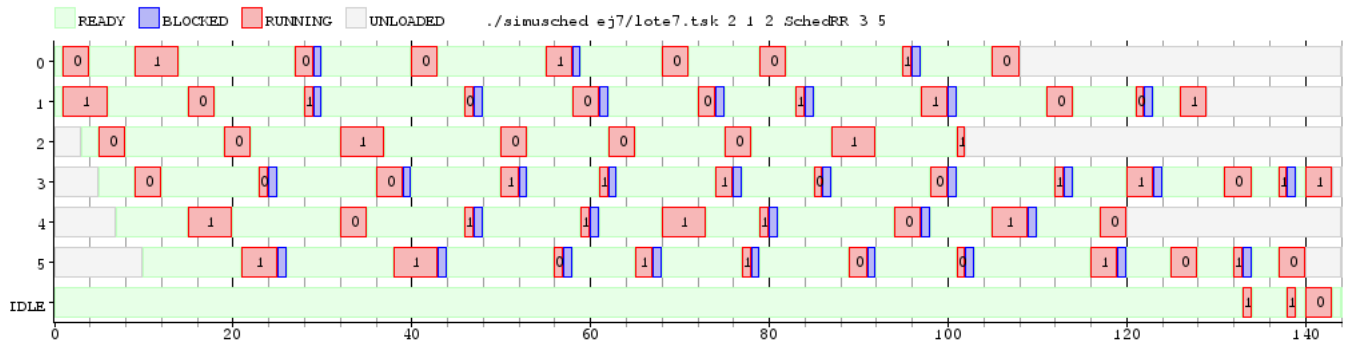


**Tiempo de Respuesta:** 26.66666667  
**Tiempo de TournAround:** 142.5



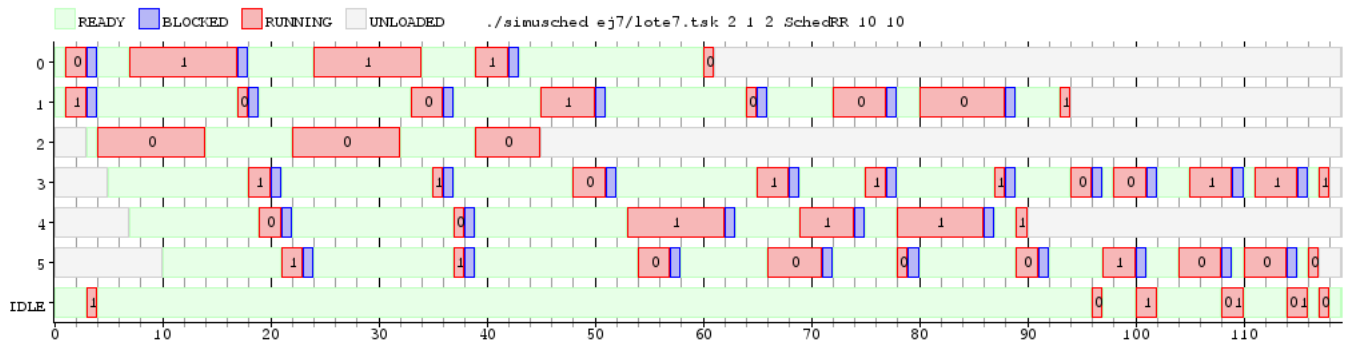
## 2 Núcleos

**Caso A:** Un quantum es de 3 y el otro de 5 clocks.



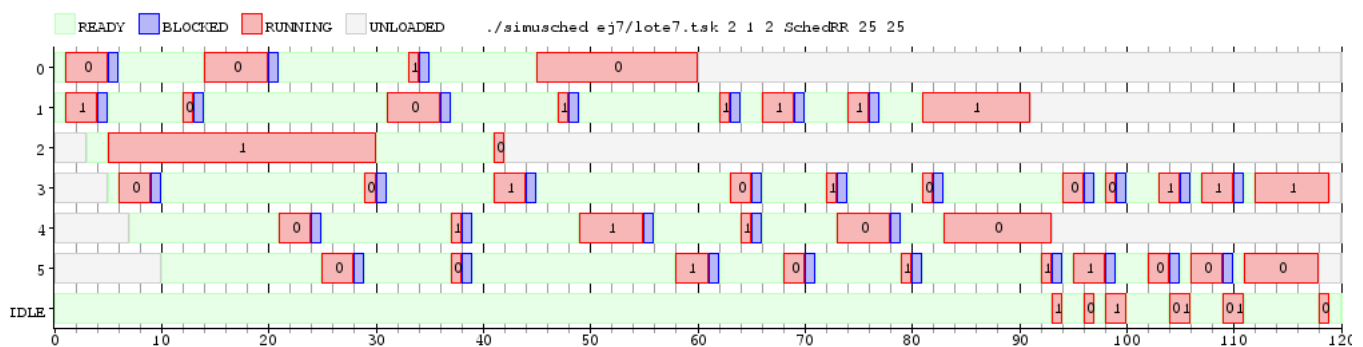
**Tiempo de Respuesta: 4.5**  
**Tiempo de TournAround: 120**

**Caso B:** Los dos quantums son de 10 clocks.



**Tiempo de Respuesta: 6.33333333**  
**Tiempo de TournAround: 94.5**

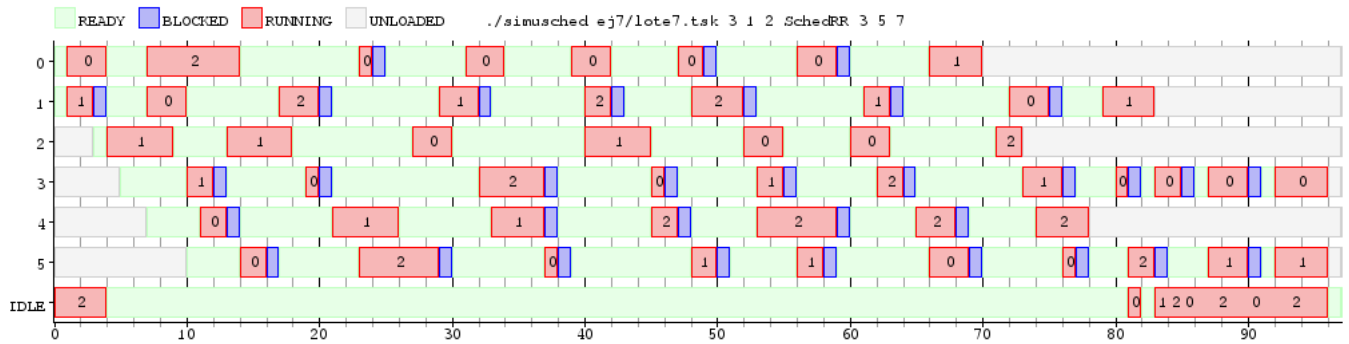
**Caso C:** Los dos quantums son de 25 clocks.



**Tiempo de Respuesta: 10**  
**Tiempo de TournAround: 85.33333333**

### 3 Núcleos

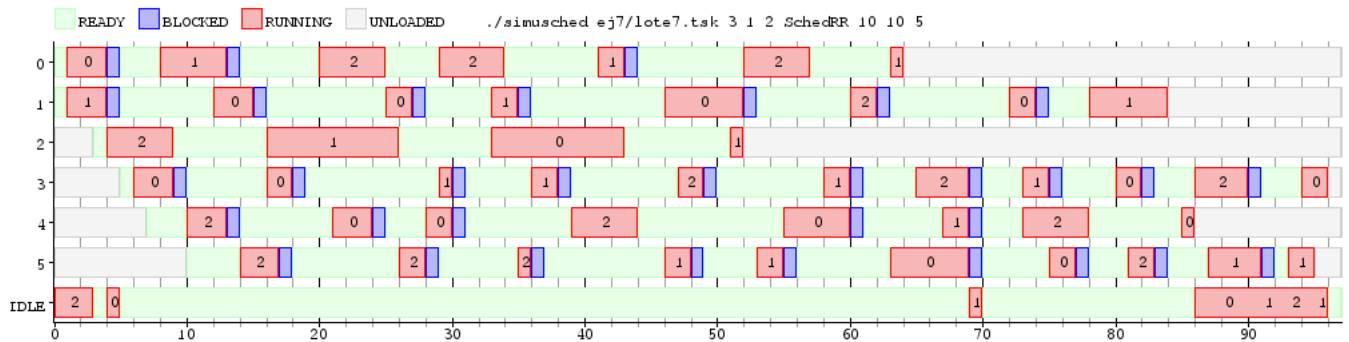
**Caso A:** Los quantums son de: 3, 5 y 7 clocks.



**Tiempo de Respuesta:** 2.333333333

**Tiempo de TournAround:** 81.5

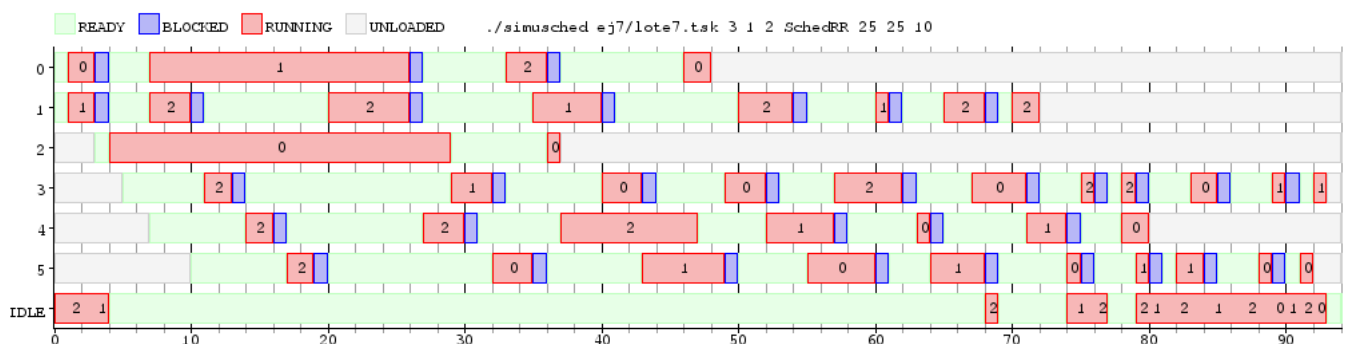
**Caso B:** Los quantums son de: 10, 10 y 5 clocks.



**Tiempo de Respuesta:** 2.166666667

**Tiempo de TournAround:** 72.66666667

**Caso C:** Los quantums son de: 25, 25 y 10 clocks.

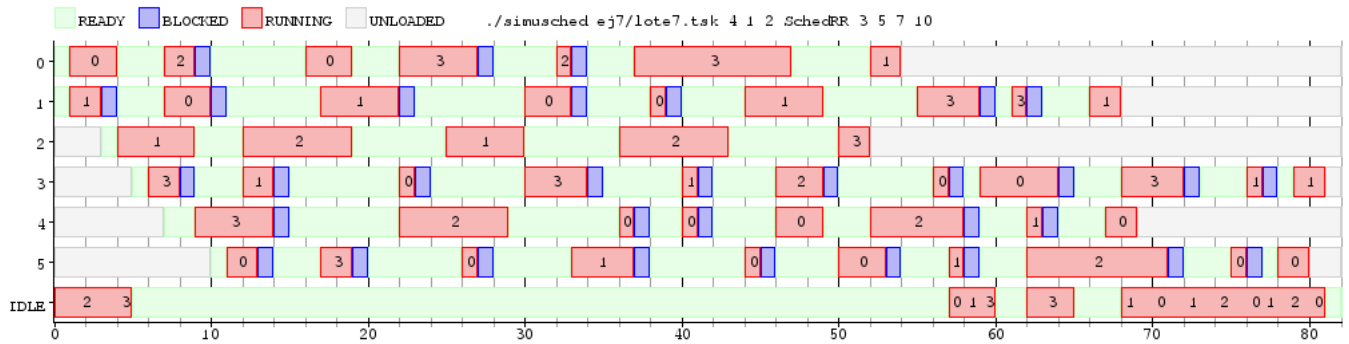


**Tiempo de Respuesta:** 2.666666667

**Tiempo de TournAround:** 62.33333333

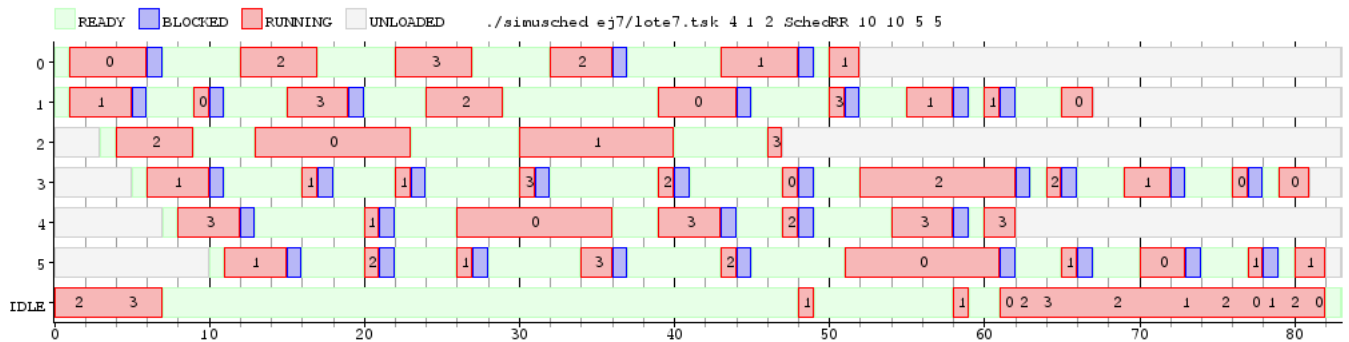
#### 4 Núcleos

**Caso A:** Los quantums son de: 3, 5, 7 y 10 clocks.



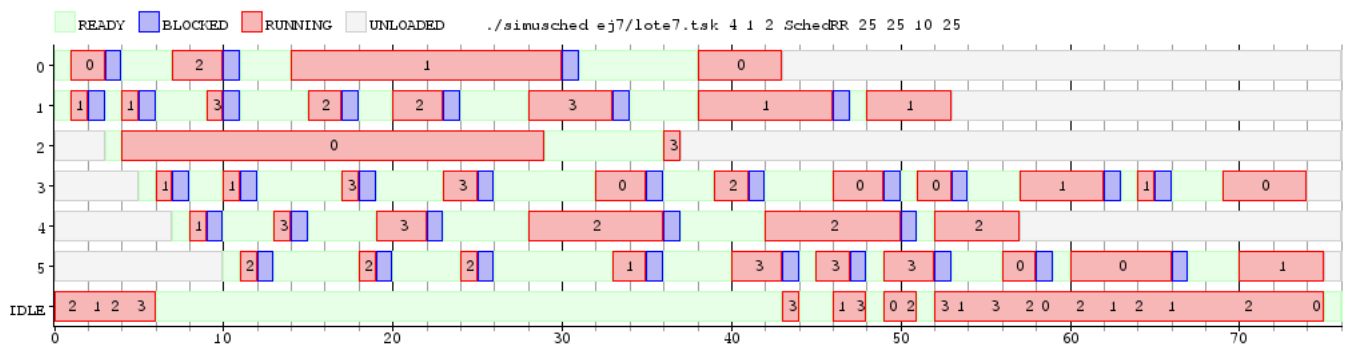
**Tiempo de Respuesta:** 1.333333333  
**Tiempo de TournAround:** 57.16666667

**Caso B:** Los quantums son de: 10, 10, 5 y 5 clocks.



**Tiempo de Respuesta:** 1.333333333  
**Tiempo de TournAround:** 53

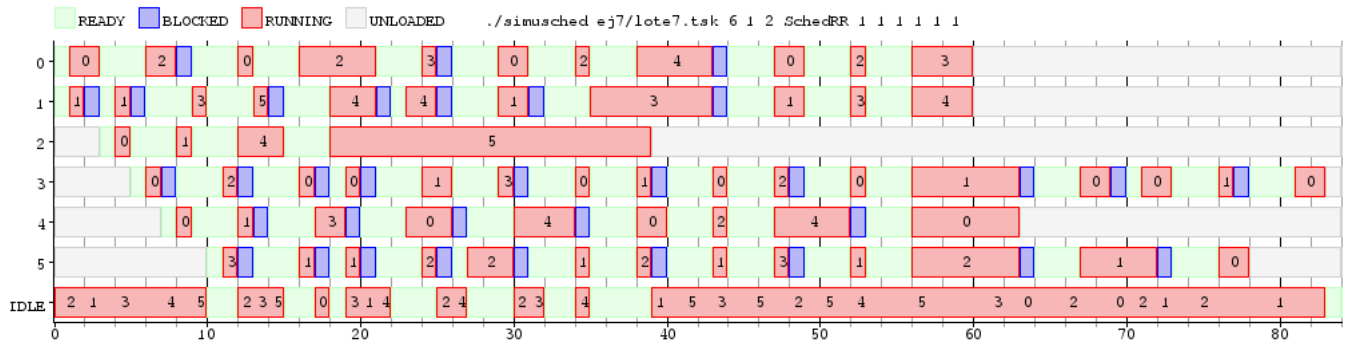
**Caso C:** Los quantums son de: 25, 25, 10 y 25 clocks.



**Tiempo de Respuesta:** 1.5  
**Tiempo de TournAround:** 48.16666667

## 6 Núcleos

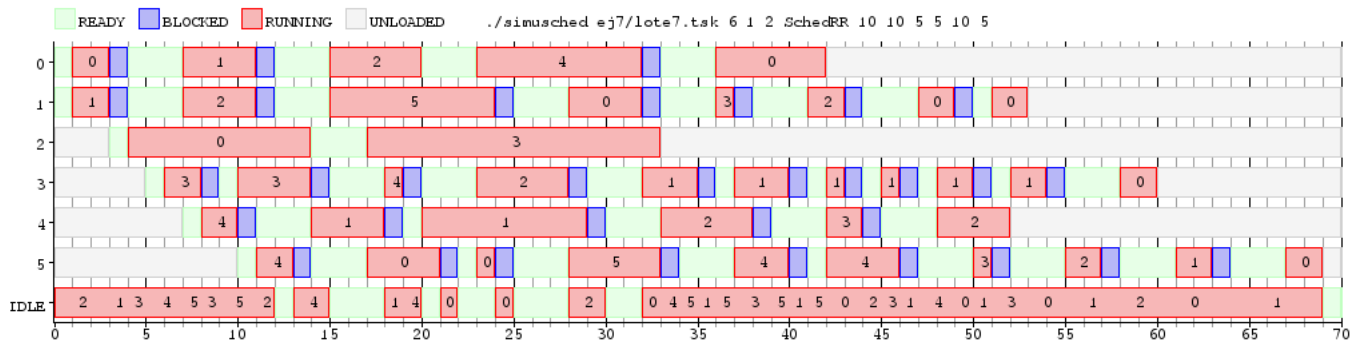
**Caso A:** Los quantums son todos de 1 clock.



**Tiempo de Respuesta Promedio: 1**

**Tiempo de TournAround Promedio: 32.66666667**

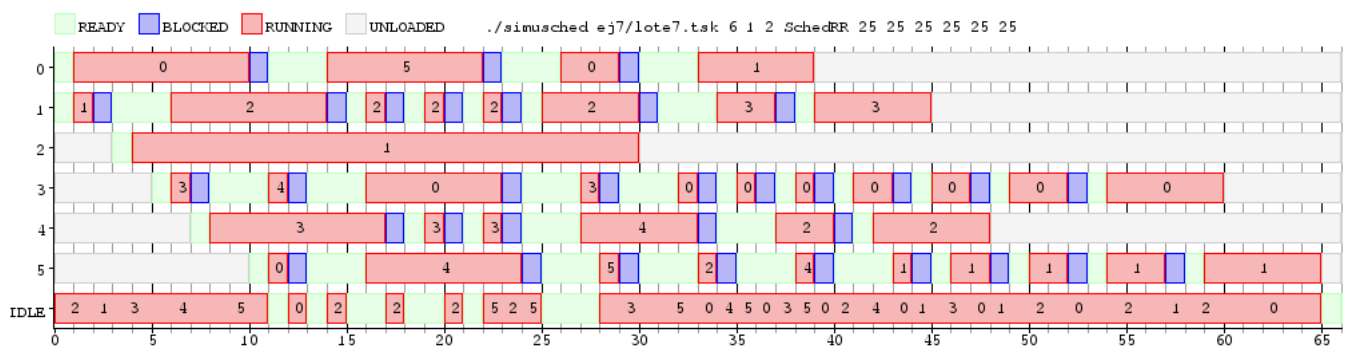
**Caso B:** Los quantums son de: 10, 10, 5, 5, 10, 5 clocks.



**Tiempo de Respuesta Promedio: 1**

**Tiempo de TournAround Promedio: 32.66666667**

**Caso C:** Los quantums son todos de 25 clocks.



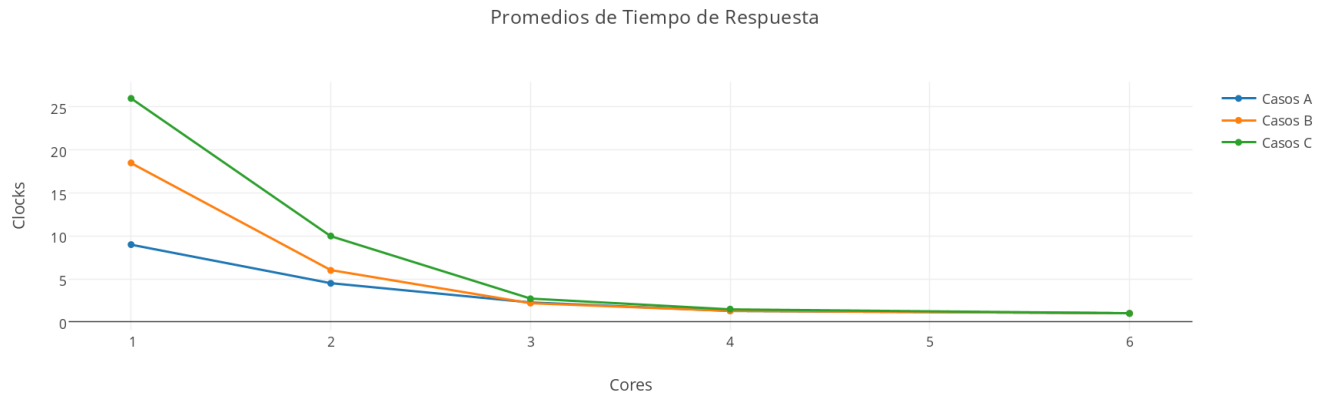
**Tiempo de Respuesta Promedio: 1**

**Tiempo de TournAround Promedio: 32.66666667**

Luego graficamos los tiempos obtenidos, con el fin de tener una herramienta más declarativa para la comparación de casos bajo las dos métricas usadas.

### Métrica de Tiempo de Respuesta

Graficamos los promedios de tiempo de respuesta.



Acorde a lo que resulta intuitivo, estos valores siempre descienden acorde aumenta la cantidad de cores. Los casos con una cantidad de núcleos mayor a seis fueron descartados, ya que resultan triviales dado a que la cantidad de tareas es seis (son análogos al caso de 6 núcleos dejando el resto ejecutando la Tarea Idle).

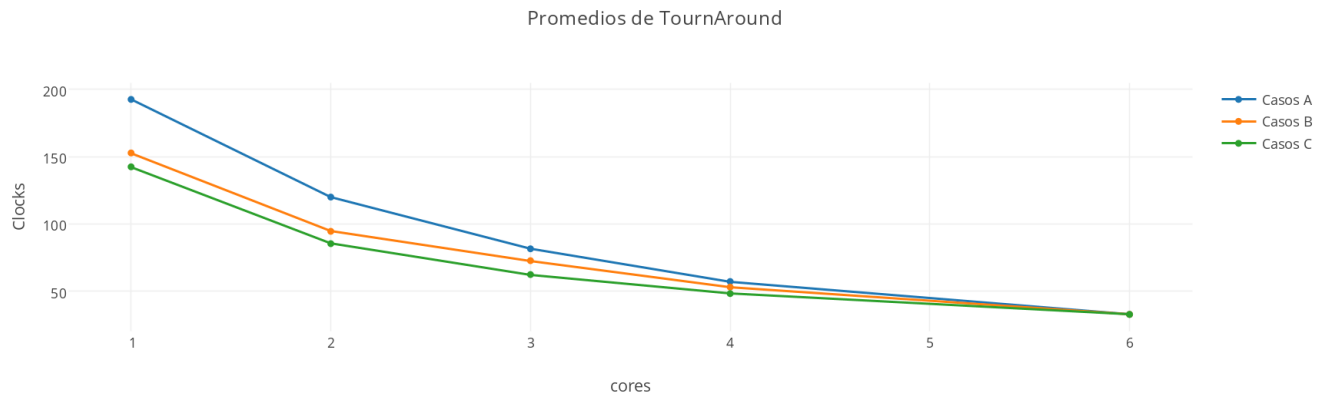
En el gráfico se puede apreciar la relación que preservan los casos A, B y C indiferentemente de la cantidad de núcleos existentes: los casos con quantum de mayor tamaño arrojaron valores más altos. Este comportamiento se debe a que, al momento de ingresar una tarea debe esperar a que algún core quede libre (es decir, la tarea que estaba ejecutando haya terminado su quantum o quede bloqueada).

En los casos donde la cantidad de tareas es menor o igual a la cantidad de núcleos, el promedio de los tiempos de respuesta siempre va a ser el tiempo que tarde en cargarse una tarea. En nuestro caso este tiempo es 1 clock.

De este modo, podemos definir que para tiempos de respuesta óptimos no sólo debemos contar con la mayor cantidad de núcleos posibles (siempre menor igual o a la cantidad de tareas, ya que una cantidad mayor carece de mejoras) sino que también con (al menos un) core que tenga un quantum de tamaño pequeño. Esto nos asegura que al momento de ingresar una nueva tarea, el tiempo que debe esperar hasta que algún core quede libre es menor.

### Métrica de TournAround

Graficamos los promedios de tiempos de TournAround.



En primera instancia, debemos marcar que el hecho de que la cantidad de cores sea igual a la cantidad de tareas no sólo otorga un tiempo pequeño sino que es el óptimo ya que al poseer más núcleos estos quedarían libres ejecutando continuamente la Tarea Idle. Resulta intuitivo marcar que acorde aumenta la cantidad de cores, descenden los promedios de tiempos ya que cada tarea tiene su núcleo para ejecutar sin importar el quantum debido a que nadie la va a desalojar.

Bajo esta métrica, la relación que se preserva entre los casos A, B y C es inversamente proporcional a la métrica anterior. Contando con quantums más pequeños, el tiempo que lleva ejecutar una tarea en total es menor ya que se ejecuta con una frecuencia más alta. Hay que tener en cuenta que contar con quantums menor es beneficioso en los casos mostrados, ya que se usó un tiempo de cambio de contexto de 2 clocks lo que resulta un tiempo pequeño. En caso contrario, es posible que el tiempo aumente excesivamente ya que con quantums muy chicos muchos clocks se utilizarían para realizando context switch.

En el caso de ambas métricas tratadas, se utilizaron la ejecución de cada caso 100 veces. Esto independiza los gráficos obtenidos de los bloqueos que pudieron ser causados, ya que fueron elegidos aleatoriamente.

### 3.3. Ejercicio 8: Scheduler Round-Robin modificado

Implemente un scheduler Round-Robin que no permita la migración de procesos entre núcleos (*SchedRR2*). La asignación de CPU se debe realizar en el momento en que se produce la carga de un proceso (*load*). El núcleo correspondiente a un nuevo proceso será aquel con menor cantidad de procesos activos totales (*RUNNING + BLOCKED + READY*). Diseñe y realice un conjunto de experimentos que permita evaluar comparativamente las dos implementaciones de Round-Robin.

Las estructuras de datos con las que vamos a trabajar, en la clase *SchedRR2*, son las siguientes:

```
int cores;
vector<int> quantums;
vector<int> quantums_timer;
vector<int> actuales;
vector<pair<int, queue<int, deque<int>>*>> colas;
vector<pair<int, int> > bloqueadosEnCpu;
```

- **cores** cantidad de núcleos.
- **quantums** vector de *cores* posiciones, donde *quantums[i]* es el valor del quantum asignado al core *i*.
- **quantums\_timer** vector tal que en *quantums\_timer[i]* se encuentra el valor del quantum restante para la tarea corriendo en el *i*-ésimo núcleo.
- **actuales** vector que indica el PID de la tarea ejecutandose en el núcleo *i* (*actuales[i]*). Para los núcleos sin tarea devuelve la constante *IDLE\_TASK*.
- **colas** vector de tuplas. Donde cada posición representa a un core y la primer componente de la tupla hace referencia al número de tareas *running + blocked + ready* en el mismo. Y la segunda componente es una cola FIFO con los respectivos PID's.
- **bloqueadosEnCpu** vector de tuplas, en el mismo se encontraran todas aquellas tareas que hayan sido bloqueadas. La primer componente de cada tupla representa el PID de la tarea bloqueada y en la segunda en que cpu se encontraba.

#### Constructor Scheduler Round-Robin Modificado

Al construir un Scheduler Round-Robin sin migración de procesos, empezamos por instanciar las estructuras de datos de modo que: a *cores* se le asigna la cantidad de cores correspondientes. A *quantums\_timer* los respectivos *quantums*; Todas las tareas actuales se definen como *Idle* en *actuales*; Se inicia cada tupla de *colas* en cero ya que aún no hay tareas y las colas vacías.

#### Función Load

Recibe el *pid* de una nueva tarea como parámetro. Esta nueva tarea será asignada al CPU con menor cantidad de tareas *running + blocked + ready* es decir, se encolará su *pid* en alguna cola del vector *colas* cuya primer componente sea la más baja, e incrementado el valor de la cantidad de tareas que posee la misma.

#### Función unblock

Recibe el *pid* de la tarea que se desbloqueo como parámetro. Se busca en *bloqueadosEnCpu* la posición que contenga a este *pid*, una vez encontrado se lo encola en las tareas a ejecutar (en el cpu indicado por ese *pid*) y se procede a eliminarlo de *bloqueadosEnCpu*.

### Función Tick

Recibe *cpu* como parámetro y el *Motivo*.

Dado que se produjo un tick, se corrobora el estado de la tarea actual:

Si la misma es la IDLE se devuelve el pid de la próxima tarea a ejecutar en *cpu* mediante *next(cpu)*.

En caso de haber una tarea distinta a la IDLE y la misma se bloqueo es necesario retirarla y hacer que otra continúe, para esto es encolada en *bloqueadosEnCpu* con su numero de pid y el cpu donde se encontraba y se procede a devolver un nuevo pid.

Si el motivo es que termino, además de obtener un nuevo pid, es necesario decrementar el valor de la primer componente de colas en *cpu* ya que esta tiene en cuenta solo a las running + blocked + ready.

Y si solo se acabó su quantum sera necesario cambiar de tarea pero, además encolarla para ser luego ejecutada.

### Función Next

Como se va a proceder a cambiar de tarea en el cpu que realizo la llamada a esta función, se procede a asignar para el mismo el máximo quantum disponible. Dado que para este caso no hay migración de procesos, las tareas a ejecutarse son aquellas que se encuentren en la respectiva cola para este CPU, por lo que si la misma esta vacía se ejecutara la IDLE y en caso contrario la primera que contenga.

#### 3.3.1. Análisis bajo métricas

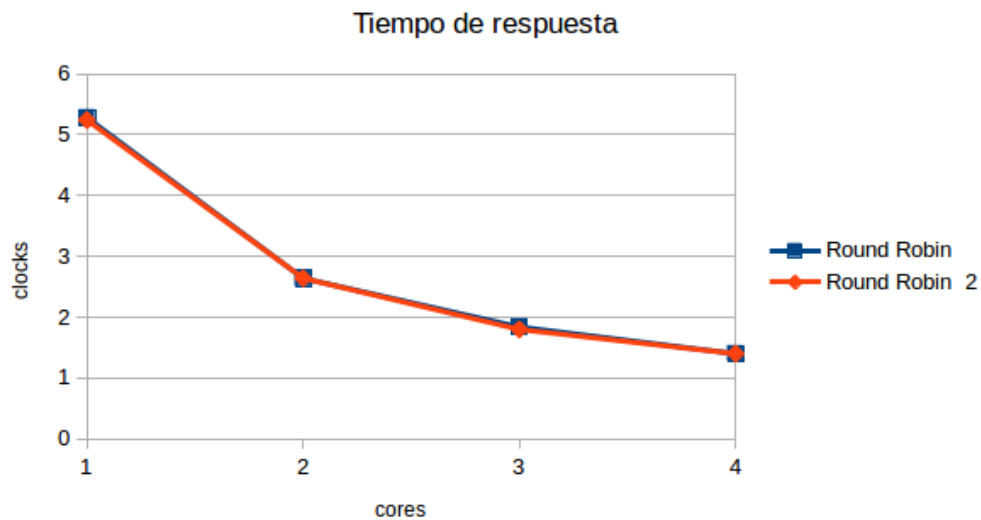
Para evaluar el comportamiento del Scheduler Round Robin sin migraciones frente al diseñado en la Sección 2.1, se construyó un lote de 5 tareas. Cada lote está compuesto por 3 tareas del tipo TaskConsola, donde la cantidad de bloqueos es un valor random entre 1 y 20, al igual que el tiempo mínimo y máximo de bloqueo; y dos del tipo TaskBatch con cantidad de llamadas bloqueantes y tiempo de CPU random entre 1 y 20. Este lote fue ejecutado un total de 10 veces.

Para comparar los resultados, se utilizó tanto la métrica tiempo de respuesta es decir, la cantidad de tiempo que los procesos tardan en empezar a ejecutarse desde que se encuentran *ready*, como la métrica Turnaround (tiempo que les toma ejecutarse completamente). Para ambos casos se utilizó el promedio de los valores de los distintos lotes mencionados.

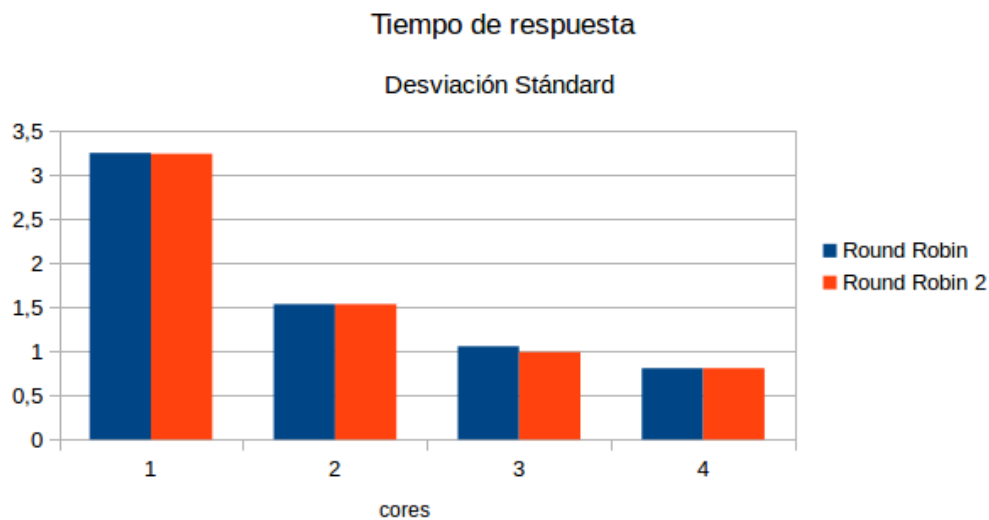


Los resultados obtenidos fueron los detallados a continuación.

### Análisis de tiempo de respuesta



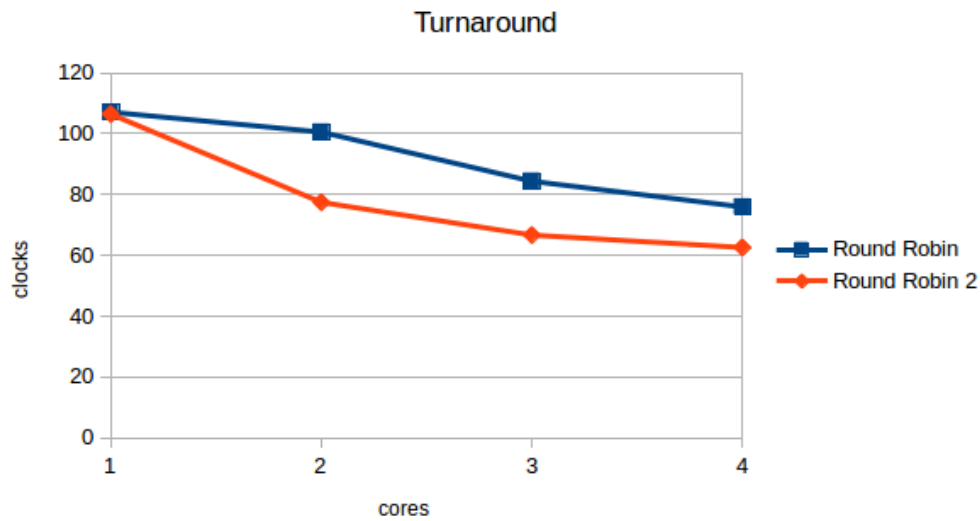
**Figura 12:** Gráfico de líneas para evaluar el tiempo promedio de respuesta de las tareas bajo un scheduler Round Robin y Round Robin sin migración de procesos (Round Robin2 ) cada core con quantum igual a 3



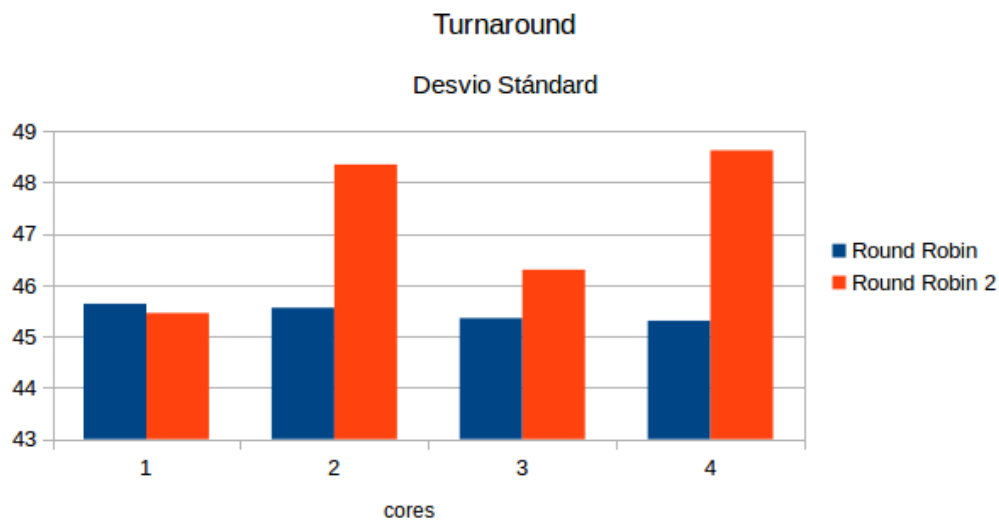
**Figura 13:** Desviación Standard de los datos de la figura 12.

Para esta primera métrica observamos que el tiempo promedio para ambos casos, así como su Desvio Standard, son similares. Esto se debe primordialmente al diseño adoptado para ambos Schedulers, como ya se mencionó, comenzamos distribuyendo las primeras  $n$  tareas entre los  $n$  núcleos disponibles. De esta manera, el comienzo de la ejecución, así como donde lo realiza, es igual en ambos casos.

## Análisis de TurnAround



**Figura 14:** Gráfico de líneas para evaluar el Turnaround promedio de las tareas bajo un scheduler Round Robin y Round Robin sin migración de procesos (Round Robin2 ) cada core con quantum igual a 3



**Figura 15:** Desviación Standard de los datos de la figura 14.

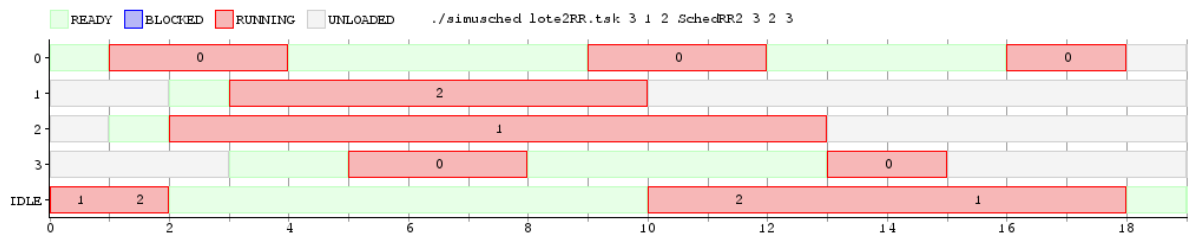
Al momento de evaluar los resultados con la métrica Turnaround nuestra hipótesis fue que para el caso de Round Robin2 los tiempos iban a ser menores, como se puede ver en la **figura 14**, para el lote de tareas utilizado nuestra hipótesis es correcta.

Lo que nos llevó a formular esta hipótesis fue que si un lote de tareas realiza migraciones de procesos en exceso, o en una cantidad no despreciable, se va a ver bruscamente reflejado en el tiempo total que le toma ejecutarse. En nuestro caso, utilizamos que el costo de migración era igual a 2 (ya que el cambio de contexto era igual a 1) y atribuimos que migrar un proceso entre cores es más costoso que un cambio de contexto.

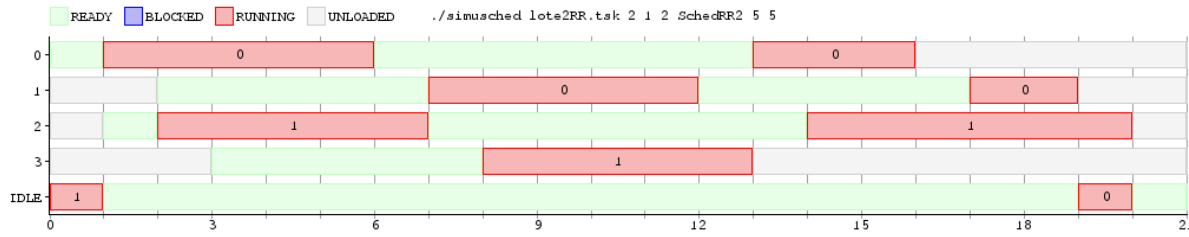
Para ver el comportamiento específico de un lote de tareas, usamos las del ejercicio 4, caso 3, Sección: 2.2, las cuales se detallan a continuación:

```
TaskCPU 7
02:
TaskCPU 6
01:
TaskCPU 10
03:
TaskCPU 4
```

Al ejecutarlas en el Scheduler Round Robin modificado los resultados fueron los siguientes:



**Figura 16:** Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 3 núcleos con quantums de 3, 2 y 3 ciclos respectivamente. En un Scheduler Round Robin sin migración de procesos.



**Figura 17:**Diagrama de Gantt para la ejecución del lote de tareas bajo 2 núcleos con quantums de 5 y 5 ciclos respectivamente. En un Scheduler Round Robin sin migración de procesos.

Si comparamos la **figura 10** con la **16** y la **figura 11** con la **número 17** vemos que para los primeros casos el tiempo total de ejecución fue mayor. Se puede observar, en las **figuras 10** y **11**, que los procesos realizan muchos cambios de migración aumentando el intervalo de tiempo en el que no se están ejecutando en comparación a las **figuras 16** y **17**.

Si bien no podemos concluir que permitir migraciones sea desfavorable en un Scheduler, lo que podemos decir es que deben realizarse de manera cuidadosa y sin abusar de la cantidad permitida.

### 3.4. Ejercicio 9: Ejecución lote de tareas

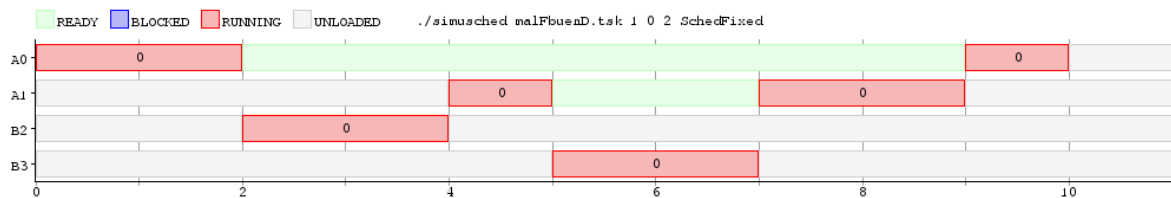
Diseñar un lote de tareas cuyo scheduling no sea factible para el algoritmo de prioridades fijas pero sí para el algoritmo de prioridades dinámicas.

El lote de tareas que confeccionamos es el detallado a continuación:

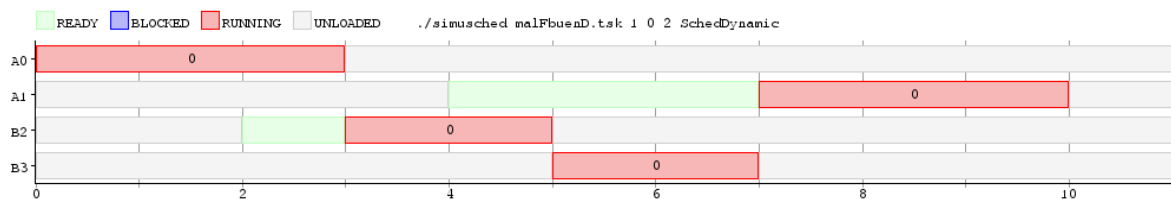
```
&A2, 4, 2
Q2
&B2, 3, 1
```

Este lote consiste de dos tareas de tipo TaskCPU, que duran dos unidades de tiempo cada una ejecutadas con una diferencia de 4 unidades. Y por otro lado, dos tareas también de tipo TaskCPU, que duran una unidad de tiempo y son ejecutadas con una diferencia de 4.

Al ejecutarlas bajo el Método Fixed, el diagrama de Gantt obtenido fue el siguiente:



Y al ejecutarlas bajo el Método Dynamic, obtuvimos el siguiente diagrama:



Se puede observar cómo las tareas se ejecutaron completas y sin interrupciones, respetando sus deadlines en el Dynamic. No es así en el caso del Fixed.

Esto se debe a que las tareas B tienen una frecuencia más chica, por este motivo el Algoritmo de Prioridades Fijas decide interrumpir la ejecución de la Tarea A para que ejecute B. B se ejecuta hasta su finalización y luego continúa ejecutando A, pero esta vuelve a ser interrumpida por la aparición de la segunda tarea B para continuar su ejecución cuando B finalice. Este retardo en ejecutar (o mejor dicho terminar de ejecutar) la tarea, provoca que exceda su deadline ya que la nueva tarea A es lanzada mientras todavía está ejecutando. Por este motivo, estas tareas no son factibles bajo el contexto del Algoritmo Fixed.

En cambio, al momento de que estas tareas fueron ejecutadas en un Scheduler dinámico las prioridades fueron dadas acorde a su deadline, es decir de modo que finalicen antes que la tarea sucesora sea ejecutada. Es por este motivo que nuestro lote de tareas efectúa un lote factible bajo el contexto del Algoritmo Dynamic.

## 4. Conclusión

A lo largo de este trabajo hemos experimentado con diversas tareas, tales como: TaskCPU, TaskConso-la, TaskBatch. Cada una de las tareas utilizadas poseía un comportamiento diferente: teniendo interrup-ciones o ejecutando sólo haciendo uso del CPU y también conteniendo (o no) elementos aleatorios.

Estos modelos variantes conforman un conjunto (acotado) de tareas con las que se enfrenta un Siste-ma Operativo en el transcurso de su ejecución.

Con el fin de cederle tiempo de CPU a cada tarea que quiere ejecutarse, implementamos y utilizamos distintos Schedulers: FCFS, Round-Robin, con prioridades fijas y dinámicas. Cada uno de ellos posee distintas políticas de desalojo y de prioridades frente al lote de tareas *ready* para ejecutar.

De acuerdo a la Métrica utilizada, pudimos decidir cuándo un Scheduler consistía en una decisión “mejor” que otro.

Al momento de armar un Scheduler, es importante tener en cuenta su contexto de uso y qué tipo de tareas va a arbitrar. Por ejemplo si contamos con un lote de tareas que posee muchos bloqueos no es conveniente utilizar un algoritmo de Scheduling del tipo FCFS, ya que el tiempo que la tarea permane-ce bloqueada es tiempo que el procesador no ejerce ningún uso. Del mismo modo, si trabajamos en un contexto donde es esencial la ejecución de determinada tarea antes de su deadline, lo conveniente sería utilizar un Algoritmo de Scheduling con prioridades Dinámicas.

Por último, es importante destacar que no sólo hay que optimizar el Scheduler que se utiliza sino que también la cantidad de núcleos con los que se cuenta ya que esto interfiere en la performance de la ejecución de lotes de tareas, otorgando una situación de paralelismo que resulta beneficiosa a nivel de finalización de la ejecución de las tareas.