



Universidad
Nacional
de Córdoba



Optimización del planificador a corto plazo con redes de Petri

Funcionalidades de gestión de procesadores

Autores: Leandro Agustin Drudi, Nicolás Goldman

10 de diciembre de 2022

Email: drudilea@gmail.com, nicolasgoldman07@gmail.com

Teléfonos: (351)5307196, (3547)560104

Legajos: 40.245.918, 40.416.606

Director: Maximiliano Eschoyez

Co-Director: Nicolás Papp

Resumen

El sistema operativo se encarga de gestionar los recursos de hardware de un dispositivo electrónico y de brindar servicios a los programas de aplicación. La gestión de los procesos e hilos y los recursos de un sistema operativo son fundamentales para su correcto funcionamiento y desempeño. En este contexto, la planificación es una tarea crítica para asegurar el uso eficiente de los recursos del sistema.

En este trabajo de tesis, se parte del modelado y la optimización del planificador a corto plazo mediante Redes de Petri realizado en un proyecto integrador previo por dos alumnos de la FCEFYN. Las Redes de Petri son una herramienta matemática formal de modelado que permite representar y analizar sistemas de eventos discretos, como es el caso de la planificación de procesos.

En primer instancia, planteamos adaptar el trabajo del proyecto integrador previo, a diferentes versiones del sistema operativo. Esto es importante ya que las versiones anteriores eventualmente dejan de tener soporte por parte de la comunidad, así como también, las funcionalidades y la seguridad evolucionan con las nuevas actualizaciones. Planteadas las actualizaciones correspondientes, se presentan propuestas sobre integración de nuevas funcionalidades de gestión de procesadores en el planificador. Los procesadores son un recurso valioso en un sistema operativo, y su correcta administración puede tener un impacto significativo en el desempeño del sistema. El uso de las Redes de Petri para modelar estas funcionalidades, nos permitirá comprobar con mayor facilidad la ausencia problemas de concurrencia muy comunes en la planificación, así como también aportarán a la hora de captar los estados y eventos del planificador.

Índice

1. Introducción	3
1.1. Oportunidad	3
1.2. Motivación	4
1.3. Objetivo	4
1.4. Alcance	5
1.5. Modelo de Desarrollo	5
1.6. Requerimientos Generales	6
1.6.1. Requerimientos funcionales	6
1.6.2. Requerimientos no funcionales	6
2. Base Teórica	7
2.1. Procesos e hilos	7
2.1.1. Estructura de los procesos	7
2.1.2. Estructura de hilos	8
2.1.3. Estados de los procesos e hilos	9
2.2. Planificación	10
2.2.1. Elección del planificador	10
2.2.2. Funcionamiento del planificador 4BSD	10
3. Introducción	11
4. Metodología	11
5. Section Title	12
6. Section Title	12
7. Section Title	13
8. Bibliografía	17

1. Introducción

La planificación a corto plazo de un sistema operativo es la parte del sistema que se encarga de tomar decisiones sobre qué tareas se deben ejecutar y en qué orden. El objetivo principal de la misma es hacer un uso eficiente de los recursos de CPU disponibles y minimizar el tiempo de respuesta de los procesos.

El sistema operativo elegido para realizar este proyecto y las modificaciones pertinentes, es FreeBSD. Éste es un sistema operativo libre y de código abierto, basado en Unix, que se utiliza principalmente en servidores y estaciones de trabajo. Es conocido por su escalabilidad y robustez, así como por su capacidad de adaptarse y personalizarse según las necesidades del usuario.

El planificador de bajo nivel se ejecuta cada vez que un hilo se bloquea y se debe seleccionar un nuevo hilo para ejecutar. Para ser eficiente, al ejecutarse miles de veces por segundo, debe tomar decisiones rápidamente con la menor cantidad de información posible. Para simplificar su tarea, el kernel mantiene un conjunto de colas de ejecución para cada CPU. Cuando una tarea se bloquea en una CPU, la responsabilidad del planificador de bajo nivel es seleccionar el hilo de la cola de ejecución de mayor prioridad y que no esté vacía para esa CPU.

Todos los hilos ejecutables reciben una prioridad y una CPU, asignadas por el planificador. A la hora de la selección de un nuevo hilo, el planificador elige el primer hilo de la cola del respectivo CPU. Si varios hilos residen en una cola, el sistema los ejecuta en modo round-robin; es decir, en el orden en que se encuentran en la cola, con porciones de tiempo iguales permitidas. Si un hilo se bloquea, no se coloca en ninguna cola de ejecución, en su lugar, se coloca en una turnstile queue o cola de espera. Una vez que el evento o recurso que están esperando se vuelve disponible, el hilo se mueve a una cola de ejecución de un CPU para ser planificado nuevamente. Si un hilo agota la porción de tiempo permitido, se coloca al final de la cola de la que provino, y se selecciona el hilo al frente de la cola para ejecutarse.

1.1. Oportunidad

El proyecto integrador previo estableció una base sólida para la comprensión integral del funcionamiento de los sistemas operativos y demostró la relevancia de la planificación en el rendimiento del sistema. Este logro requirió un compromiso considerable y una laboriosa inversión de tiempo en la construcción de modelos, así como en el análisis de los resultados obtenidos.

No obstante, dada la continua evolución tecnológica y la evolución de las necesidades de los usuarios, se hace imperativo mantener una constante actualización y refinamiento de dicha implementación.

En este contexto, la presente oportunidad de trabajo se centra en la incorporación de nuevas funcionalidades y mejoras al planificador a corto plazo del sistema operativo. El objetivo principal radica en alcanzar niveles superiores de eficiencia y desempeño en las operaciones que se ejecutan en el sistema. Para ello, aprovecharemos el conocimiento y las ventajas que ofrecen las Redes de Petri, herramientas que nos permitirán introducir innovaciones de manera efectiva, al tiempo que conservamos las características fundamentales del sistema base.

1.2. Motivación

La investigación previa en el área de la planificación a corto plazo de sistemas operativos, permitió encontrar una solución efectiva para reducir el indeterminismo en este tipo de sistemas. En concreto, la implementación del planificador a corto plazo de FreeBSD utilizando Redes de Petri, ha demostrado muchas ventajas mediante esta técnica de modelado.

Por otro lado, la administración eficiente de la energía es un tema de interés en la actualidad, debido al aumento de la demanda de energía y al impacto ambiental. En este sentido, el uso de técnicas de ahorro de energía en los sistemas operativos es esencial para reducir los costos y minimizar dicho impacto.

En este trabajo integrador, se propone avanzar con la implementación de funcionalidades de ahorro de energía y aumento de eficiencia en relación con el uso de CPUs y la priorización de hilos. A través del uso de la Red de Petri existente del planificador 4BSD, se desarrollará un algoritmo que permita el encendido y apagado de procesadores y la monopolización de procesadores por parte de hilos según sea necesario; de manera eficiente y sin comprometer el rendimiento del sistema. Intentamos contribuir a la mejora de la eficiencia energética en los sistemas operativos y a futuras investigaciones en el campo de la administración de energía de dichos sistemas. Además, profundizaremos en el uso de las Redes de Petri como herramienta de modelado y análisis en el ámbito de los sistemas operativos.

1.3. Objetivo

Objetivos principales:

- Actualizar el modelado e implementación del planificador del sistema operativo FreeBSD mediante Redes de Petri. Se realizó para la versión 11 del mismo (FreeBSD se encuentra cursando la versión 13). Hacerlo compatible con las últimas versiones nos permite aprovechar las nuevas funcionalidades disponibles, acortar brechas de seguridad y evitar que se vuelva obsoleto con el paso del tiempo; al mismo tiempo que nos mantiene cerca de la comunidad, aspecto muy importante en el desarrollo de cualquier proyecto informático.
- Desarrollar una funcionalidad que permita encender y apagar procesadores según las necesidades del sistema en diferentes momentos. De esta forma el sistema podrá decidir cómo manejar los procesadores con el fin de reducir el consumo energético de los mismos.
- Desarrollar un mecanismo que le brinde a cualquier hilo la posibilidad de ejecutarse en un procesador, evitando que otros hilos se encolen en éste. Mediante esta funcionalidad, se prioriza la ejecución del hilo correspondiente y se acelera su finalización, lo que a su vez evita pérdidas de rendimiento causadas por cambios de contexto.

Objetivos secundarios:

- Analizar y aprender exhaustivamente acerca del código fuente del sistema operativo FreeBSD.

- Profundizar los conocimientos en la depuración del kernel y las diferentes herramientas de debugging.
- Mejorar la documentación del proyecto, estrategia de ramas y commits en el repositorio de desarrollo priorizando las buenas prácticas de programación. Esto permitirá dejar mejores bases para quienes decidan continuar con la investigación.
- Automatizar y documentar los procesos repetitivos que se llevan a cabo en los diferentes estadios del proyecto, como por ejemplo la instalación de máquinas virtuales, paquetes que nos ayudaran a la hora del desarrollo, configuraciones de red, instalación y compilación de kernel, entre otras.
- Compartir e interactuar con la comunidad de FreeBSD a través de foros y listas de difusión.

1.4. Alcance

La fase inicial del proyecto se enfocará en la actualización de la implementación existente para adecuarse a las versiones más recientes del sistema operativo FreeBSD. Este proceso permitirá no solo comprender las evoluciones experimentadas por el planificador a lo largo del tiempo, sino también evaluar la viabilidad de mantener la implementación actual en términos de futura mantenibilidad. En este contexto, el alcance de esta etapa está definido por su propia naturaleza.

Una vez finalizada la mencionada actualización, se procederá a la incorporación de las dos nuevas funcionalidades diseñadas para optimizar la eficiencia de los procesadores, las cuales fueron detalladas previamente en el presente documento. En este punto, el alcance presenta una mayor complejidad, dado que se trata de dos funcionalidades susceptibles de ser implementadas de diversas formas y con potenciales aplicaciones variadas. Por lo tanto, se ha tomado la decisión de delimitar el alcance de la implementación a dos módulos independientes, los cuales podrán ser activados o desactivados según sea necesario.

Ambos módulos requerirán una activación o desactivación manual, regida por la carga o descarga de un módulo de kernel que incluirá parámetros pertinentes para orientar la acción correspondiente.

En complemento, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para evaluar el correcto funcionamiento de estas nuevas implementaciones. Dado que esta representa la primera aproximación a la incorporación de estas funcionalidades, se reconoce que las pruebas no alcanzarán un nivel de profundidad absoluto en lo que respecta a mejoras de rendimiento y eficiencia energética.

1.5. Modelo de Desarrollo

El enfoque adoptado para la ejecución de este proyecto integrador se estructuró en base a tres objetivos primordiales, previamente expuestos en este informe. A partir de estos objetivos fundamentales, se derivaron metas y alcances más específicos, diseñados para facilitar la iteración ágil y precisa. Si bien en la narrativa del informe se detallarán estos como tres módulos distintos, es esencial destacar que en el proceso de desarrollo, estos evolucionaron de manera incremental.

1.6. Requerimientos Generales

1.6.1. Requerimientos funcionales

- Actualización de la implementación existente del planificador a corto plazo de FreeBSD para asegurar su compatibilidad con las últimas versiones del sistema operativo.
- Pruebas para validar la correcta integración del modelo a las nuevas versiones de FreeBSD y evaluar el correcto funcionamiento de los nuevos desarrollos.
- Implementación de dos nuevas funcionalidades específicas en el planificador a corto plazo de FreeBSD mediante Redes de Petri.
- Pruebas para validar la correcta implementación de las nuevas funcionalidades desarrolladas.

1.6.2. Requerimientos no funcionales

- La implementación del planificador a corto plazo de FreeBSD mediante Redes de Petri debe ser fácilmente mantenible en el futuro.
- Se espera que el planificador a corto plazo de FreeBSD tenga un rendimiento mejorado después de estos nuevos desarrollos.
- La implementación del planificador a corto plazo de FreeBSD mediante Redes de Petri debe ser segura y no comprometer la seguridad del sistema operativo.
- Las nuevas funcionalidades implementadas en el planificador a corto plazo de FreeBSD deben ser fáciles de usar y comprender para los usuarios finales. Para ello es necesario formular documentación sobre cada punto del trabajo.

2. Base Teórica

La planificación es un componente fundamental del sistema operativo que se encarga de asignar tiempo de procesamiento a los diferentes hilos y procesos que se ejecutan en un sistema. En este capítulo se presentará la información necesaria para comprender la planificación a corto plazo, con un enfoque específico en el sistema operativo FreeBSD y su planificador 4BSD. Se describirán los conceptos fundamentales de procesos e hilos, incluyendo su estructura y estados, y se explicará cómo el planificador toma decisiones sobre cuál hilo o proceso debe ejecutarse en un momento dado. Además, se examinarán en detalle las operaciones de cambio de contexto, encolado, elección del procesador y remoción de hilos de la cola, que son funciones clave del planificador 4BSD. Con esta base teórica, se sentarán las bases para entender cómo funciona el planificador de FreeBSD y cómo puede ser mejorado.

2.1. Procesos e hilos

En sistemas operativos, los procesos son entidades aisladas que representan la ejecución de una tarea o aplicación en particular. Cada proceso cuenta con su propio espacio de direcciones, que es un área reservada de memoria virtual donde se aloja el código del programa, las variables y los recursos necesarios para su ejecución. Además, disponen de acceso a los recursos del kernel a través de llamadas a sistemas.

Cada proceso puede alojar uno o varios hilos de ejecución. Estos son subunidades dentro de un proceso que pueden ejecutarse de manera independiente, y comparten los recursos del mismo. Cada hilo se corresponde con un procesador virtual que cuenta con su propio contexto y un stack de ejecución que se aloja en el espacio de direcciones del proceso.

El kernel del sistema operativo soporta la ilusión de ejecución concurrente de múltiples procesos al repartir los recursos del sistema entre los procesadores que están listos para ejecutar.

2.1.1. Estructura de los procesos

Cada proceso en el sistema recibe un identificador único llamado identificador de proceso (PID). Los PID son el mecanismo común utilizado por las aplicaciones y el kernel para hacer referencia a los procesos. Existen dos identificadores que son de especial importancia para cada proceso: el PID del proceso en sí, y el PID del proceso padre.

La estructura simplificada de un proceso se puede observar en la Figura 1. El objetivo es permitir múltiples hilos que compartan un espacio de direcciones y otros recursos. Algunas de estas categorías son:

- Identificación del grupo de procesos: el grupo de procesos y la sesión a la que pertenece el mismo.
- Credenciales de usuario: los identificadores de usuario y grupo.
- Gestión de memoria: la estructura que describe el espacio de direcciones virtuales utilizado por el proceso.

- Descriptores de archivos: una matriz de punteros que indica los archivos abiertos por el proceso e información relevante de los mismos.
- Vector de llamadas al sistema: estructura de datos que mapea las llamadas al sistema con las funciones correspondientes en el kernel del sistema operativo.
- Contabilidad de recursos: estructura que describe la utilización de los recursos del sistema..
- Estadísticas: estadísticas del proceso sobre su ejecución, temporizadores y profiling.
- Acciones de señal: la acción a tomar cuando se envía una señal a un proceso.
- Estructura de hilo: el contenido de la estructura de hilos del proceso.

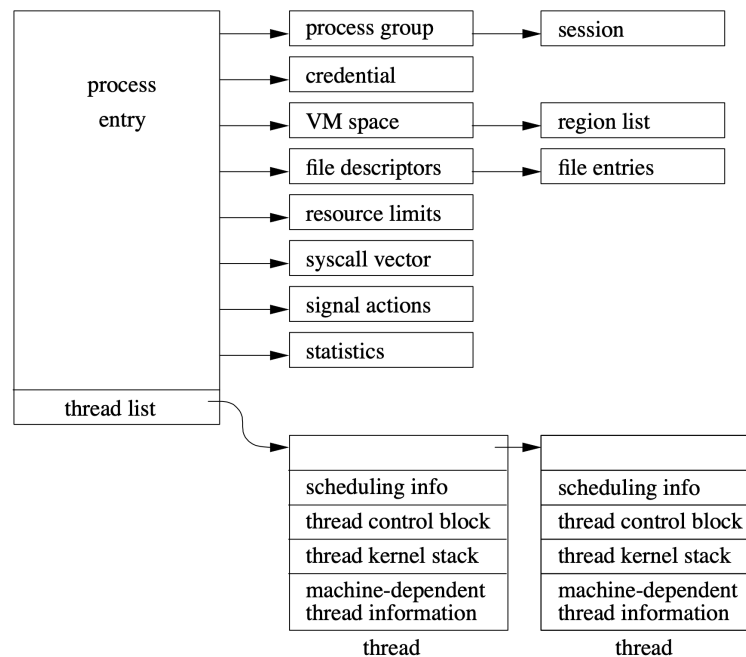


Figura 1: Estructura simplificada de un proceso.

2.1.2. Estructura de hilos

Un hilo, en el contexto de un proceso en un sistema operativo, es una entidad de ejecución que representa una secuencia independiente de instrucciones dentro de ese proceso. Cada hilo tiene su propio contador de programa, registros de CPU y pila de ejecución, lo que le permite ejecutar código de manera concurrente dentro del mismo proceso. Aunque los hilos comparten recursos como el espacio de direcciones y otros recursos del proceso principal, también pueden comunicarse y cooperar entre sí para llevar a cabo tareas específicas de manera más eficiente.

FreeBSD adopta el modelo 1:1, en el que cada hilo de usuario se corresponde con un hilo a nivel de kernel para mejorar la eficiencia de las aplicaciones.

La estructura de un hilo, que se muestra en la Figura 1, solo contiene la información necesaria para ejecutarse en el kernel del sistema operativo:

- Información para la planificación: se refiere a la prioridad del hilo en modo kernel y en modo usuario, la cantidad de tiempo que ha pasado suspendido y el uso reciente de la CPU. Además, se indica el estado de ejecución del hilo, banderas de estado adicionales; y si el hilo se encuentra suspendido, información sobre el canal y evento por el cual espera.
- TSB (thread state block): estado de ejecución del hilo en modo usuario y modo kernel. La estructura incluye registros de propósito general, punteros de pila, contador de programa, registros de gestión de memoria, entre otros.
- Pila del kernel: pila para usar al ejecutar en el kernel. Las pilas del kernel deben mantenerse pequeñas para evitar desperdiciar memoria física.
- Estado de la máquina (*machine-dependent state*): se refiere a la información del hilo en relación a detalles que son específicos de la arquitectura de la CPU (registros de estado de punto flotante, información de interrupciones, información de registros de segmento de memoria, etc.).

2.1.3. Estados de los procesos e hilos

En FreeBSD, los procesos pueden encontrarse en uno de tres estados:

- NEW: Cuando se crea un proceso con la llamada al sistema fork.
- NORMAL: El proceso pasa a este estado al asignarse suficientes recursos, permitiéndole comenzar su ejecución.
- ZOMBIE: Cuando un proceso ha completado su ejecución. En este estado, el proceso ha finalizado, pero aún no ha liberado todos sus recursos y no ha notificado su estado de finalización a su proceso padre.

El scheduler se encarga de planificar aquellos hilos correspondientes a procesos en estado NORMAL. Los hilos que conforman un proceso pueden encontrarse en diferentes estados:

- INACTIVE: En proceso de creación y aún no han sido inicializados.
- INHIBITED: Esperando por algún recurso del sistema o evento antes de poder ejecutarse.
- CAN_RUN: Inicializados y disponibles para ser agregados a alguna cola de ejecución.
- RUNQ: En la cola de ejecución, esperando su turno para ser ejecutados.
- RUNNING: En ejecución.

2.2. Planificación

Planificar es decidir cómo, cuándo y por cuánto tiempo vamos a correr los hilos que se encuentran en nuestro sistema; tanto los hilos propios del sistema operativo, como de aplicaciones que se encuentran en ejecución.

En este sentido, la planificación es fundamental para equilibrar la utilización de los recursos con el tiempo necesario para completar los programas. FreeBSD implementa por defecto, un planificador *compartido por tiempo*, el cual calcula la prioridad de los procesos de manera periódica. Este cálculo se realiza en base a datos previos, como la cantidad de tiempo utilizado de CPU o la cantidad de recursos de memoria que el proceso mantiene o requiere para su ejecución. No obstante, algunas tareas requieren un control más preciso sobre el proceso, como el caso de la planificación de tiempo real. FreeBSD también implementa esta funcionalidad mediante una cola separada para los hilos en cuestión, los cuales no se ven interrumpidos por otros hilos a menos que tengan igual o mayor prioridad.

Además, el *kernel* de FreeBSD cuenta con una cola de hilos de mínima prioridad que se ejecutan únicamente cuando ningún otro hilo en las colas de mayor prioridad está en un estado de posible ejecución.

En cuanto al método de planificación por tiempo, FreeBSD favorece a los programas interactivos. Asigna una prioridad alta a cada hilo y permite que se ejecute por un periodo fijo de tiempo, conocido como *time slice*. A medida que el hilo se ejecuta, su prioridad disminuye, mientras que aquellos suspendidos por E/S mantienen su prioridad. Por su parte, los hilos que se mantienen inactivos mejoran su prioridad en la cola.

2.2.1. Elección del planificador

La planificación a corto plazo en FreeBSD ha experimentado una notable evolución a lo largo de los años. Desde sus inicios con el planificador 4BSD hasta el actual planificador ULE, se han implementado cambios significativos que han contribuido a mejorar la eficiencia y el rendimiento del sistema.

Aunque el planificador ULE es el predeterminado en las versiones actuales de FreeBSD, este trabajo se basa en el trabajo previo realizado en el marco del proyecto integrador, que se centró en el planificador 4BSD. Para entender con mayor detalle y contexto dicha elección, visitar la sección 2.3.3. del proyecto integrador previo[1].

En este momento, nuestro enfoque principal no radica en realizar un cambio inmediato en el sistema operativo ni en contribuir directamente a la comunidad de FreeBSD. En su lugar, estamos dando inicio a una fase de investigación e implementación centrada en este tipo de planificadores.

Al mismo tiempo, el planificador 4BSD ha sido mantenido por la comunidad de FreeBSD durante décadas y no hay planes inmediatos para dejar de darle soporte. Esto significa que todavía sigue siendo una opción estable y confiable para el desarrollo de nuestro proyecto.

2.2.2. Funcionamiento del planificador 4BSD

3. Introducción

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Para realizar el análisis, construimos el conjunto de componentes ilustrados en la Figura ??.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

4. Metodología

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. [?].

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

5. Section Title

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

A	B	C
1	2	3
4	5	6

Cuadro 1: very basic table

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

6. Section Title

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

7. Section Title

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Day	Max Temp	Min Temp
Mon	20	13
Tue	22	14
Wed	23	12
Thurs	25	13
Fri	18	7
Sat	15	13
Sun	20	13

(a) First Week

Day	Max Temp	Min Temp
Mon	17	11
Tue	16	10
Wed	14	8
Thurs	12	5
Fri	15	7
Sat	16	12
Sun	15	9

(b) Second Week

Cuadro 2: Max and min temps recorded in the first two weeks of July

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore

et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum .

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum .

Índice de figuras

1.	Estructura simplificada de un proceso.	8
----	--	---

Índice de cuadros

1.	very basic table	12
2.	Max and min temps recorded in the first two weeks of July	13

8. Bibliografía

Referencias

- [1] Tomás Turina, Nicolás Papp. (2019). Modelado del planificador a corto plazo con redes de Petri.