

# Scheduling Ships: Calendarizador de Hilos

Gabriel Chacón Alfaro, Kendall Martinez Carvajal, Cristopher Moreira Quirós, Abraham Venegas Mayorga  
gchacon8@estudiantec.cr, kendallmc@estudiantec.cr, cris.moreira@estudiantec.cr, abravenegas@estudiantec.cr

Área Académica Ingeniería en Computadores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica

**Resumen**—This project's goal is to implement a user-level thread library called CETHreads based on the PThreads library. The main objective is to manage and schedule threads efficiently based on several scheduling algorithms. By simulating a canal (CPU) through which ships of different priorities and characteristics must pass, the project represents a system where resource allocation and task scheduling are crucial. The scheduling policies include Round Robin (RR), Priority, Shortest Job First (SJF), First Come First Serve (FCFS), and Real-Time scheduling. This project will also include a hardware prototype and a graphical user interface to represent the development of the project to better comprehend what is happening. Through the development of this project we were able to prove the importance of the management of threads and the improvement that gives to multitasking and the benefits from it.

**Palabras clave**—Calendarización, Canal, Hilos, Procesos, PThreads

## I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas operativos modernos, utilizar los hilos eficientemente es un aspecto importante de su funcionalidad. Los hilos se encargan de ejecutar simultáneamente múltiples tareas, mejorando el rendimiento y la utilización de los recursos del sistema, por lo que los hilos deben funcionar impecablemente. Nuestro proyecto se centra en la implementación de una biblioteca personalizada de hilos, llamada CETHreads, la cual va a ser diseñada para realizar un programa que simule el paso de barcos a través de un canal en el cual se gestiona el flujo mediante distintos algoritmos de calendarización de hilos. El sistema que se debe crear requiere que los barcos puedan transitar por un canal sin colisiones, utilizando para ello algoritmos como Round Robin (RR), First-Come-First-Served (FCFS), Shortest Job First (SJF), y Prioridad, que se encargan de controlar la cola de barcos que están listos para cruzar el canal. Estos algoritmos optimizan el uso del recurso del canal de la misma manera en que los sistemas operativos gestionan los recursos del CPU. Por otro lado, el flujo de los barcos en el canal será controlado por tres algoritmos: equidad, letrero y tico, que deciden de que forma pueden cruzar los barcos por el canal.

El algoritmo de equidad consiste en establecer un parámetro  $W$  (indicado por el usuario) que indica cuantos barcos deben de pasar de cada lado, es decir, se inicia transportando  $W$  barcos de izquierda a derecha, después  $W$  barcos en sentido contrario. En caso de que alguno de los lados no haya embarcaciones se debe de garantizar el flujo de las mismas, en el lado en el que si hayan, el algoritmo de letrero consiste en un letrero (izquierda - derecha) que indica el sentido de vía del canal,

cuando el letrero está en “izquierda” pasan los barcos del lado izquierdo, si estuviera en “derecha” entonces pasan los que están del lado derecho. El letrero cambia cada cierto tiempo, el cual es definido por el usuario al iniciar el programa y, por último, el algoritmo tico donde no hay control de flujo, sin embargo, no puede haber colisiones de barcos, también se debe de garantizar el flujo en caso de que hayan barcos solo de un lado.

Finalmente, este documento se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, se explica el ambiente de desarrollo que donde se detalla que se ocupa para ejecutar el proyecto. A continuación, se describen los atributos que se reforzaron durante el desarrollo del proyecto, luego, se realiza un análisis del diseño del proyecto y como se llevo este acabo. Se continua con las instrucciones para la utilización del proyecto. Finalmente, se discuten las conclusiones y se presentan recomendaciones para futuros trabajos.

## II. AMBIENTE DE DESARROLLO

Para este proyecto es necesario utilizar una distribución de linux, para el desarrollo de este proyecto se utilizó y se recomienda Ubuntu, preferiblemente la versión LTS, esto es necesario para poder visualizar los hilos y el manejo de estos por el sistema operativo, para visualizar el código se recomienda un editor de código como Visual Studio Code y su extensión para C y C++ o bien CLion. En su distribución de linux es necesario tener git para poder clonar el repositorio del siguiente link: , para mayor facilidad del usuario se recomienda utilizar GitHub Desktop, se puede instalar con los siguientes comandos:

```
-sudo apt install wget apt-transport-https gnupg2 software-properties-common
```

```
-wget https://github.com/shiftkey/desktop/releases/download/release-3.1.7-linux1/GitHubDesktop-linux-3.1.7-linux1.deb
```

```
-sudo apt install -f ./GitHubDesktop-linux-3.1.7-linux1.deb
```

Y con el siguiente comando abre la aplicación y procede a iniciar sesión en su cuenta.

```
-github-desktop
```

Además, es necesario instalar el IDE de arduino y poseer una placa Arduino UNO conectado a un circuito de la figura 3 conectado mediante una protoboard. Con todas estas herramientas será posible ejecutar el makefile que correrá el programa y deberá proveer la configuración deseada para su evaluación.

### III. ATRIBUTOS

#### *Estrategias para trabajo individual y en equipo equitativo*

Desde el inicio del proyecto, se definieron estrategias claras que nos permitieran lograr una participación equitativa de cada miembro del equipo, para así también poder aprovechar las fortalezas individuales de cada uno y ponerlas en práctica en sus respectivas áreas. Además, se estableció una comunicación abierta y directa en la cual todos los miembros podían expresar sus opiniones e ideas, para contribuir con el desarrollo de la tarea. Por otro lado, para asegurar la equidad y que hubiera verdadera inclusión, se distribuyeron las tareas de forma que todos pudieran trabajar en diferentes aspectos del proyecto, como la lógica de las funciones de CETHreads, los calendarizadores, los algoritmos del canal, los barcos, el hardware y la interfaz gráfica. Finalmente, las reuniones regulares, realizadas tanto presencial como virtualmente, fueron clave para ajustar el trabajo de acuerdo a las necesidades y habilidades de cada miembro y resolver cualquier obstáculo que surgiera.

#### *Planificación del trabajo*

Para el proyecto se plantearon varios problemas principales desde el inicio, los cuales incluyen: las funciones de CETHreads, los calendarizadores, los algoritmos del canal, los barcos, el hardware y finalmente la interfaz gráfica. Luego estos problemas principales se dividieron en tareas más pequeñas bajo la mentalidad de "divide y vencerás", que nos permitió desarrollar el proyecto de una forma más sencilla, estas tareas luego fueron repartidas de manera equitativa entre todo el equipo.

#### *Acciones promueven la colaboración entre los miembros del equipo*

Para fomentar la colaboración, se implementó un entorno de trabajo compartido mediante la herramienta de control de versiones GitHub, que actuó como un repositorio del código de nuestro proyecto, además de utilizar un grupo de WhatsApp para facilitar la comunicación y el intercambio de ideas entre todos los miembros del grupo. También se llevaron a cabo reuniones tanto presenciales como virtuales, que permitieron que los miembros del equipo mantuvieran un seguimiento constante y oportuno del progreso del proyecto y que así se resolvieran problemas de manera conjunta.

#### *Ejecución de las estrategias planificadas para el logro de los objetivos*

Las estrategias planificadas se ejecutaron siguiendo un cronograma lo suficientemente flexible para permitir ajustes en caso de que surgieran inconvenientes durante el desarrollo. Cada miembro cumplió con sus responsabilidades asignadas y hubo apoyo mutuo entre todos los miembros cuando se encontraron dificultades. Además, las reuniones regulares permitieron la revisión de los avances en tiempo real y la corrección de problemas que desviaran el proyecto de lograr los objetivos planteados.

#### *Evaluación del desempeño individual y en equipo*

El desempeño de cada individuo se evaluó a través de la revisión de los objetivos alcanzados y las tareas logradas por cada uno. Además, cada integrante recibió retroalimentación específica sobre su trabajo, lo que permitió implementar cambios y mejoras en los avances que habían sido entregados. Por otro lado, a nivel de equipo se revisaron las metas alcanzadas y se evaluó la calidad de la integración del código en un solo programa. Finalmente, para estas evaluaciones se utilizaron métricas como el cumplimiento de las fechas de entrega de los avances, la funcionalidad del código y la cantidad de errores encontrados durante las pruebas.

#### *Evaluación para las estrategias utilizadas de equidad e inclusión*

Las estrategias de equidad e inclusión se evaluaron a lo largo del proyecto asegurando que todos los miembros tuvieran un espacio equitativo para participar en la toma de decisiones entorno a la ruta del proyecto, así como el desarrollo del mismo. Básicamente se promovió un ambiente donde cualquier miembro podía sugerir mejoras o cambios sin importar si esa área era o no su responsabilidad.

#### *Evaluación de las acciones de colaboración entre los miembros del equipo*

La colaboración entre los miembros fue evaluada tanto en términos de comunicación como en la capacidad de trabajar juntos de manera efectiva. Para esto se tomaron en cuenta aspectos como la puntualidad en las reuniones, la capacidad para aceptar retroalimentación y la disposición a ayudar al compañero en caso de que enfrentara problemas de cualquier tipo.

### IV. DISEÑO DEL SOFTWARE Y HARDWARE

Para el diseño del proyecto es importante recalcar las asociaciones que se realizan como representación del manejo de procesos, en este caso el canal juega el papel del CPU por el que pasan los barcos que representan los diferentes procesos (cada uno es un hilo) y sus respectivas posiciones son recursos computacionales, además, los calendarizadores son los algoritmos que se utilizan en un SO y los algoritmos de flujo son análogos a las políticas de un SO. De esta manera se puede comprender la figura 1

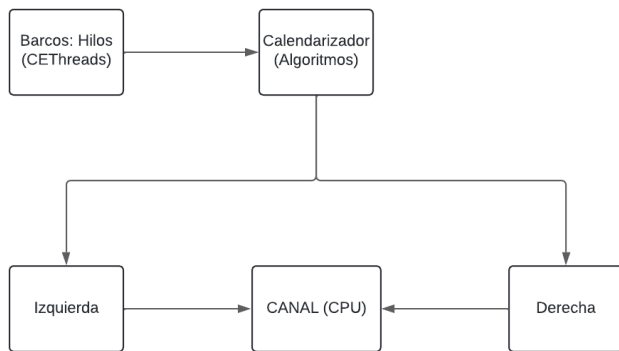


Figura 1. Diagrama de componentes

Para la representación del sistema mediante un circuito (hardware) se muestra a continuación el diagrama del circuito de la figura 2.

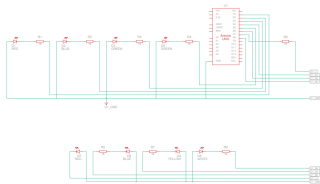


Figura 2. Diagrama del circuito de la lógica del canal

Además, su representación digitalmente, con sus respectivas conexiones en Arduino se muestra en la figura 3. Donde el color de los LED se representan de la siguiente manera: rojo = patrulla, azul = pesquero, verde = normal, amarillo = canal izquierdo y blanco = canal derecho.

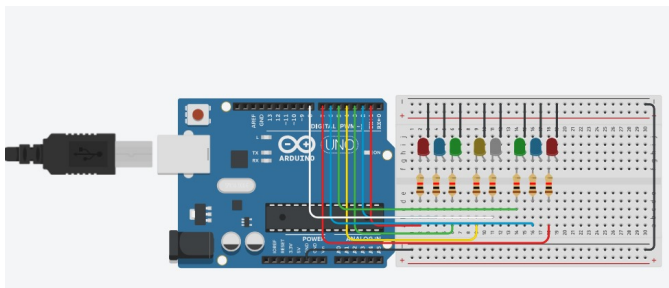


Figura 3. Circuito conectado a Arduino

El diagrama de arquitectura es sencillo, el usuario ingresa la configuración deseada en CETthreads y esto es comunicado de manera serial al arduino para transferirlo mediante sus pines a los pines y representar como se aprecia



Figura 4. Diagrama de arquitectura

El diagrama de secuencias en el caso del hardware se puede apreciar en la figura 5, así mismo, el diagrama de secuencia en el caso de la interfaz gráfica se aprecia en la figura 6

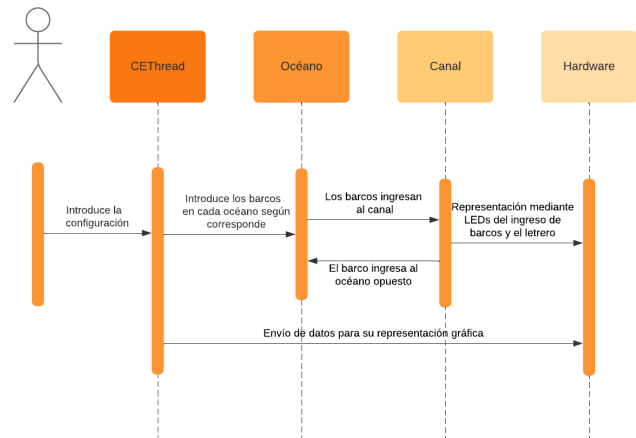


Figura 5. Diagrama de secuencia con representación gráfica mediante hardware

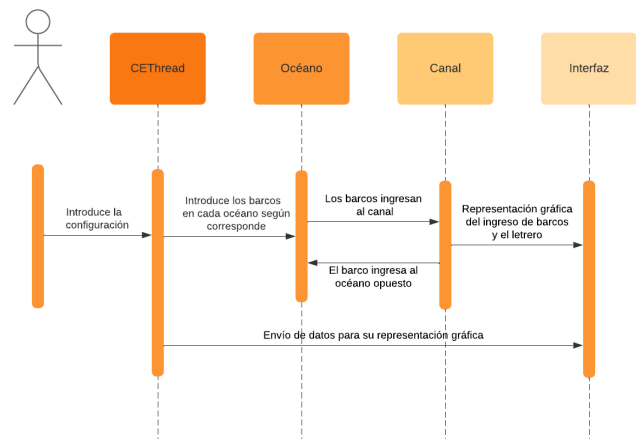


Figura 6. Diagrama de secuencia con representación gráfica mediante interfaz gráfica

A continuación se ve el diagrama de clases UML en el que se incluyen las clases CETHread, CEMutex, Node, Letrero, Tico, Equidad, Scheduler y finalmente TipoBarco, que constituyen a las clases principales que permiten el funcionamiento del programa.

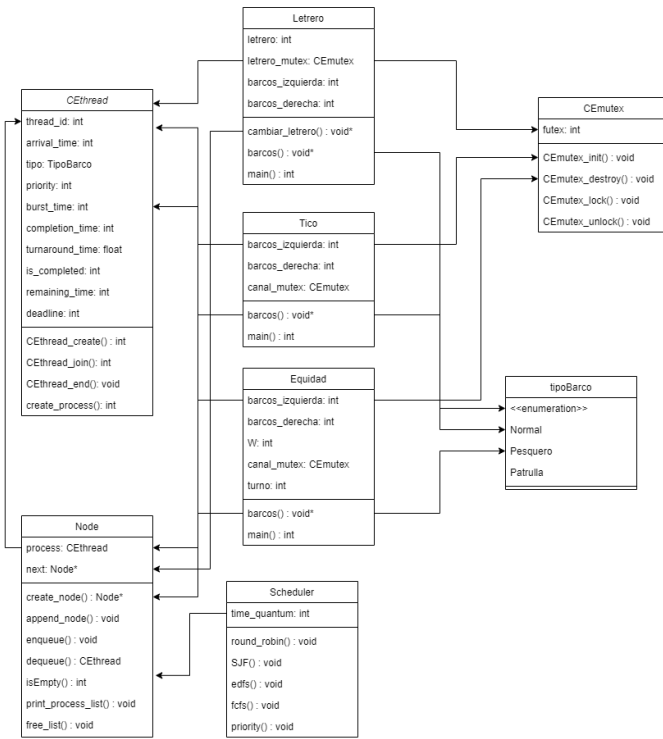


Figura 7. Diagrama de clases para el programa desarrollado

## V. INSTRUCCIONES

Para este proyecto es necesario hacer uso de este en un entorno de linux con un editor de código como Visual Studio Code o CLion para visualizar el código en c, para la interfaz es necesario qt. Con el makefile se puede correr el programa y en consola se indican los barcos deseados en cada costado.

## VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto nos permitió apreciar la importancia de implementar soluciones que optimicen el uso de los recursos disponibles, lo que a su vez nos permite establecer que los hilos y su correcta organización contribuyen a mejorar el rendimiento de cualquier sistema.

El diseño de los algoritmos, tanto de planificación como de flujo, es un factor crítico para aprovechar al máximo las capacidades del sistema, pues permiten anticipar y prevenir problemas potenciales. Es decir, la planificación adecuada de las tareas en sistemas con alta concurrencia se convierte en un elemento clave para garantizar la estabilidad y la eficiencia general.

Además, con este proyecto se evidencia la importancia de manejar los hilos de manera coordinada, asegurando que los recursos sean distribuidos de forma equitativa y optimizada. Finalmente, con este proyecto se reafirma que el éxito en la implementación de soluciones tecnológicas depende tanto de la calidad técnica como de la colaboración y organización del equipo.

## VII. RECOMENDACIONES

Para futuros proyectos, se recomienda seguir optimizando los algoritmos de gestión de hilos. De esta manera, se

asegurará una mayor eficiencia en la distribución de los recursos, que dará como resultado un mejor rendimiento general del sistema y la capacidad de respuesta del mismo.

Además, es importante realizar pruebas exhaustivas en entornos que simulen situaciones de alta concurrencia, pues estas pruebas permiten evaluar cómo se comportan los algoritmos bajo diferentes escenarios de carga, los resultados de estas pruebas también proporcionarán información para la realización de ajustes y mejoras en los procesos.

También se recomienda implementar mecanismos adicionales de control de errores y seguridad, sobretodo en proyectos que involucran la ejecución simultánea de múltiples hilos. Pues, asegurar la integridad del sistema ante situaciones problemáticas es crucial para prevenir fallos inesperados y garantizar un rendimiento estable a largo plazo.

Por último, también es recomendable fomentar un ambiente de trabajo colaborativo, donde todos los miembros del equipo puedan aportar ideas y soluciones. Esto permite mantener una comunicación abierta y fluida que contribuye no solo al éxito técnico del proyecto, sino también al desarrollo de habilidades interpersonales y organizativas, necesarias para la vida laboral.

## REFERENCIAS

- [1] A. S. Tanenbaum and H. Bos. Modern operating systems. Pearson, 2022.
- [2] Silberschatz, A., Galvin, P. B. y Gagne, G. Operating System Concepts. McGraw Hill, 2020.
- [3] A. S. Tanenbaum and H. Bos, *Operating Systems: Design and Implementation*. Pearson, 2015.
- [4] D. R. Butenhof, *Programming with POSIX Threads*. Addison-Wesley, 2011.
- [5] P. T. V. F., "C11 Threads: The New Multithreading Support in C," *IEEE Computer Society*, vol. 44, no. 11, pp. 73-75, 2011.