

Trabajo Práctico Final: Dune 2000

Informe Técnico

Alvarez Juliá, Santiago Iglesias, Matias Sportelli Castro, Luciano

4 de diciembre de 2018

Índice

1. Introducción	2
2. Cliente	2
2.1. Video	2
2.2. Sonido	5
2.3. Red	5
2.4. Lanzador	5
2.5. Modelo	6
2.5.1. Infraestructura y Ejército	6
2.5.2. Visualización Head-Up	7
2.6. Ciclo de juego	7
2.6.1. Renderizar el juego	7
2.6.2. Procesar eventos locales	8
2.6.3. Procesar eventos remotos	8
2.6.4. Avanzar el juego en un fragmento de tiempo	8
3. Servidor	9
3.1. Requerimientos de software	9
3.2. Descripción general	9
3.2.1. Interacción con el modelo de juego	9
3.3. Clases, interfaces y estructuras	10
3.4. Formato de los archivos de configuración	11
3.5. Análisis de tiempos y ciclo de juego	13
4. Editor	16
4.1. Requerimientos de software	16
4.2. Descripción general	16
4.3. Clases, interfaces y estructuras	16
4.4. Diagramas UML	18
4.5. Descripción de archivos	18

1. Introducción

Para este trabajo práctico se desarrolló un clon del juego Dune 2000, producido por Westwood Studios en el año 1998. Se trata de un juego de estrategia multijugador en el cual se debe construir un ejército y vencer a sus oponentes destruyendo sus correspondientes edificios y tropas. Cada jugador debe explorar el terreno de juego y recolectar especia melange que puede ser intercambiada por dinero para construir nuevos edificios que, a su vez, le habilitaran el entrenamiento de distintos tipos de tropas.

El clon realizado del juego espera ser una versión moderna y reducida del juego original. Durante el desarrollo del mismo se confeccionaron tres aplicaciones: el cliente de juego, encargado de interactuar con el jugador y mostrarle la interfaz del juego; el servidor del juego, encargado de administrar las partidas multijugador a través de la red y el editor de mapas que permite crear nuevos mapas de juego.

2. Cliente

El cliente del juego fue desarrollado en Qt5 y SDL 2.0. El mismo se compone de dos partes, el lanzador del juego, realizado enteramente en Qt5, que permite conectarse a un servidor, unirse o crear una sala de juego y luego iniciar el juego; y el juego en sí, desarrollado en SDL.

El cliente está separado en cinco secciones: video, sonido, red, modelo y lanzador. Las secciones video, sonido y red se encargan de encapsular los distintos recursos del sistema, mientras que la lógica de negocio se encuentra en las secciones modelo y lanzador.

En el siguiente esquema se puede observar la interacción entre los distintos bloques durante la partida. Por simplicidad no se agrega el lanzador al esquema. Las líneas llenas representan interacción interna al cliente (dependencias entre bloques) mientras que las líneas punteadas indican eventos externos.

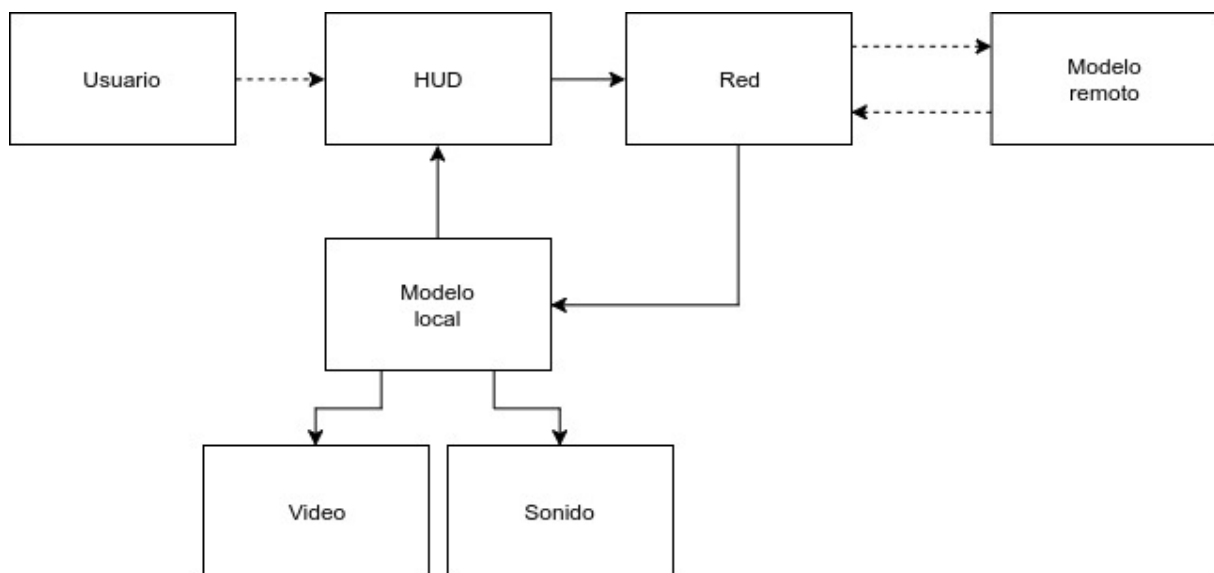


Figura 1: Esquema en bloques del funcionamiento general del cliente.

2.1. Video

El renderizado del juego se realizó utilizando la biblioteca SDL, la cual fue encapsulada en el paquete *video*. El encapsulamiento realizado contempla principalmente el uso de RAII para la adquisición de recursos, tales como texturas o contextos de renderizado y el control de errores mediante excepciones.

Para maximizar el rendimiento del juego y minimizar el consumo de recursos se decidió utilizar únicamente texturas. Si bien esto es positivo desde el punto de vista del rendimiento, implicó una fuerte dependencia al contexto de renderizado ya que las texturas dependen directamente del mismo (a diferencia de las superficies, que se convierten al momento de renderizarlas).

Esta fuerte dependencia genera dos grandes problemas:

- No se pueden conocer las dimensiones de las imágenes hasta el momento del primer renderizado.

Con lo cual, si se quisiera dimensionar dinámicamente un botón para un panel no podría hacerse en el constructor del mismo, sino que se debe posponer hasta el primer renderizado (a menos que se arrastre el contexto de renderizado por todos lados).

- No se puede almacenar localmente la textura como caché.

Esto es debido a que si en el próximo renderizado se cambia de contexto entonces las texturas se invalidarían dado que fueron creadas para el primer contexto. Este caso podría suceder en el supuesto que se cambie de ventana, por ejemplo al pasar a pantalla completa.

El primer problema fue solucionado evitando el uso de dimensionado dinámico. En la mayoría de los casos esto no es necesario, y en los pocos casos donde sería útil se pudo reemplazar con tamaños de botón fijos.

El segundo problema es un poco más complicado y casi obligatorio de resolver debido a que el rendimiento del cliente depende mucho del almacenamiento de texturas prerenderizadas en caché. Para solucionarlo se creó una clase *AdministradorTexturas* que se encarga de crear texturas y sus derivados (cargar imágenes, renderizar texto) y además proveer un almacenamiento de tipo ID-¿Textura de modo de poder almacenar las texturas directamente en el contexto de renderizado. Esto permite que cada entidad que requiera almacenar una textura en caché pueda tener un identificador de la misma y preguntarle al contexto de renderizado si “la textura ya fue renderizada en ese contexto”. En el caso de que cambiara el contexto simplemente se renderiza nuevamente y se almacena en el contexto nuevo.

En gran parte estos problemas se deben a considerar que la ventana no debería ser un Singleton ni ningún tipo de variable de acceso global. Para poder cargar un sprite es necesario tener la ventana, ya que la carga de texturas está ligada directamente al contexto de renderizado a utilizar. Esto no es un problema si sólo se quiere renderizar el sprite en la pantalla, pero, si se quiere realizar acciones basándose en las *dimensiones* de este sprite, entonces es necesario tener el contexto de renderizado para poder cargarlo y luego obtener sus dimensiones.

Este problema no es tan importante para renderizar el terreno de juego y sus unidades pero sí representa un problema grave al renderizar el HUD. El HUD en particular requiere conocer los tamaños de los botones, que en muchos casos están ligados al tamaño de los sprites y esto es esencialmente necesario para poder posicionarlos en la ventana. Gran parte del posicionamiento de sprites se realiza en los constructores de los widgets; los cuales, en el caso de los botones no tendrían tamaño hasta no ser renderizados al menos una vez (de modo de obtener el contexto de renderizado y las dimensiones del mismo). Lo mismo sucede para los widgets que contienen texto; no se puede dimensionar el texto hasta no pasar por el contexto de renderizado.

Como un *workaround* para este problema se fijaron los tamaños de distintos widgets a constantes fijas. Esto solucionó a priori el problema pero le da una rigidez al HUD que termina siendo negativo contra la flexibilidad que ofrecen los widgets.

La ventana está modelada mediante widgets lo cual permite organizar los elementos de una forma jerárquica relativamente sencilla. El renderizado de la misma arranca en el widget raíz y luego va hacia abajo por la jerarquía dibujando cada widget según corresponda.

Este modelo jerárquico resolvió casi todos los problemas, menos uno: gráficos que se superponen sobre lo dibujado, en particular los mensajes de información sobre los botones de

construcción (*tooltips*). Si bien para todos los elementos que se ubican en la ventana de forma *relativa* el modelo funcionó correctamente, para los elementos con posicionamiento *absoluto*, como es el caso particular de los *tooltips* este modelo no sirve.

Para resolver este problema se le agregó a la ventana un nuevo plano. La ventana así se compone de dos planos: un plano trasero, o *plano relativo* y un plano frontal o *plano absoluto*. El plano relativo es donde se dibujan todos los widgets y todos los elementos que pueden ubicarse mediante el posicionamiento relativo de elementos; en este plano sucede la mayor parte del renderizado. Por otra parte el plano absoluto es donde se dibujan los elementos que requieren un posicionamiento más libre. Los nombres trasero y frontal se deben a que el plano frontal se dibuja por encima del plano trasero.

El área de juego es un widget más que se encarga de procesar los eventos de mouse y teclado que se corresponden con acciones en el juego, tales como seleccionar unidades, ubicar un edificio, etc. El renderizado de la misma es jerárquico también, pero no está basado en widgets. El terreno de juego, las unidades y edificios se renderizan de forma diferente ya que se posicionan de forma diferente.

El terreno de juego tiene un tamaño mucho mayor al tamaño de la ventana, ya que al tener dos jugadores o más lo normal es que aparezcan en zonas donde no se vea uno del otro.

Para poder renderizar el fragmento que se está observando se utiliza una cámara que tiene como funcionalidad traducir las posiciones lógicas en visuales y viceversa. Sólo se renderiza en la ventana aquellas partes que están en el área de la cámara.

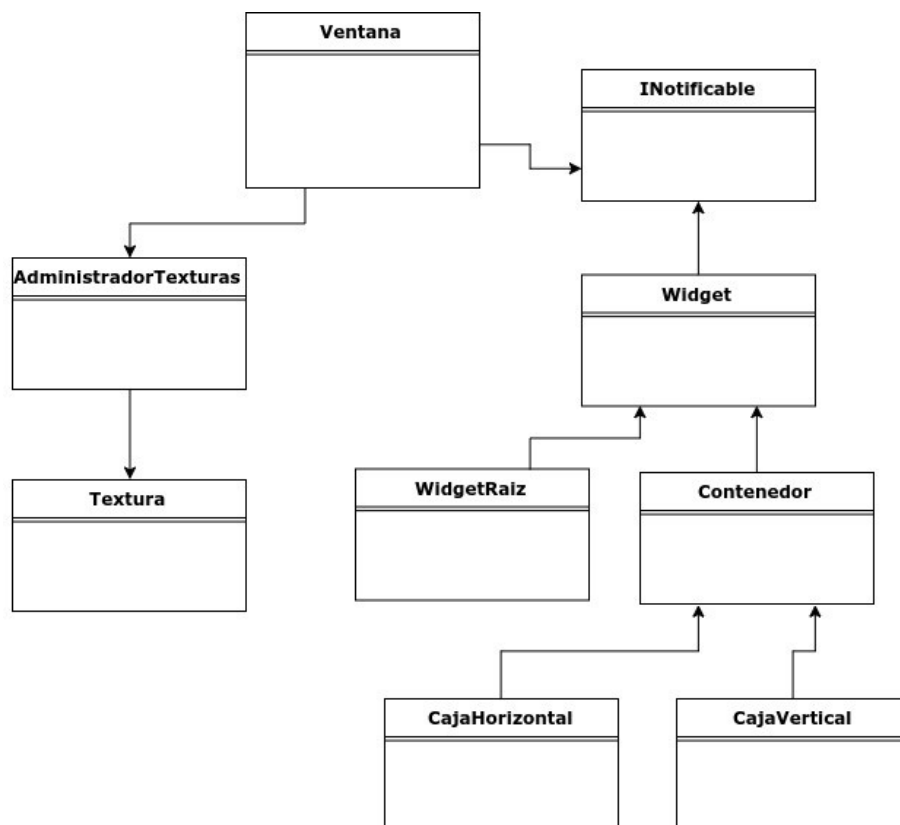


Figura 2: Esquema general del encapsulamiento de video.

2.2. Sonido

Para el sonido se decidió implementar un patrón de diseño Singleton. La razón para la elección del mismo es que difícilmente cambie el contexto de mezclado de sonidos a lo largo del juego (como sí podría pasar en el caso de un cambio de resolución con el video).

El subsistema de sonido es un encapsulamiento de SDL muy sencillo que se tiene tres funciones principales:

- Almacenar los sonidos y música en caché
- Reproducir sonidos y evitar que se superpongan sonidos iguales
- Reproducir música de fondo

En particular debe notarse que el sistema mismo evita reproducir dos sonidos iguales al mismo tiempo pero no evita la superposición de sonidos distintos superpuestos (ya que perdería el sentido del mezclador).

2.3. Red

La comunicación a través de la red con el servidor se encapsuló en la clase Servidor. La misma tiene dos modos de operación: sincrónico y asincrónico.

Toda la comunicación que se realiza desde el lanzador del juego se hace en modo sincrónico, ya que en este momento los tiempos de espera de la red no son problemáticos; la entrada de usuario suele ser lenta en general.

Por otra parte, toda la comunicación que se realiza durante el juego se hace de forma asincrónica. A medida que llegan los mensajes del servidor se van encolando hasta que el ciclo de juego decida procesarlos.

Tanto la comunicación sincrónica como la asincrónica se realizó utilizando el formato de serialización JSON ya que nos permitió depurar fácilmente el envío de mensajes. En caso de querer cambiarse, la serialización está encapsulada en la clase Conexión de modo que modificando los métodos enviar y recibir se puede optar por una serialización diferente.

Para notificar al modelo de los cambios remotos se utilizó un sistema de eventos serializables. La clase Servidor se encarga recibir los datos e ir almacenando los eventos en una cola. Cada evento irá modificando el modelo de juego según corresponda al momento de ser procesado.

2.4. Lanzador

El lanzador del modelo se desarrolló en Qt5, está compuesto de tres pantallas/estados que son: conexion, en lobby y en sala.

El estado de conexión es el estado inicial y es el que permite conectarse a un servidor remoto. Una vez conectado se pasa al estado “en lobby”, donde uno puede ver las salas disponibles, elegir una sala o crear una nueva.

Al ingresar a la sala se pasa a la etapa final. En esta última el jugador puede ver a el estado de sus compañeros de partida, elegir la casa con que va a jugar y lanzar el cliente.

Inicialmente el lanzador iba a soportar notificaciones push, de modo que en el momento en que el servidor detecte un evento se lo indique directamente sin que el mismo tenga que preguntar al servidor. Por problemas generales y falta de tiempo esta característica no se pudo implementar pero se la reemplazó solicitando actualizaciones al servidor cada un determinado período de tiempo, actualmente configurado en 10 segundos.

2.5. Modelo

El modelo de juego se compone de cinco entidades principales: Juego, Infraestructura, Ejército, Terreno y HUD.

Juego es el administrador general de la partida y se encarga principalmente de actualizar el estado general de la partida y de manejar las variables del jugador tales como la energía y el dinero disponible.

Infraestructura y Ejército son los administradores de edificios y tropas, respectivamente. Los mismos se encargan de manejar las colas de construcción / entrenamiento, determinar a quién le pertenece un edificio o tropa y emitir los eventos sonoros correspondientes a bajas y ataques.

El Terreno es un componente central en el juego y particularmente en el cliente. El mismo permite resolver las solicitudes puntuales o de área del usuario, por ejemplo, en el caso en que el usuario arrastra un para generar un rectángulo en la ventana y seleccionar las tropas. A su vez el mismo resuelve otras solicitudes, por ejemplo si se puede construir un edificio en la posición indicada.

El HUD por otra parte es el punto de entrada a la visualización head-up. El mismo renderiza sobre la ventana los elementos extra tales como botones, el cursor del mouse, el rectángulo de selección, el dinero disponible, etc. A su vez actúa de controlador principal de la partida obteniendo la entrada del mouse y el teclado.

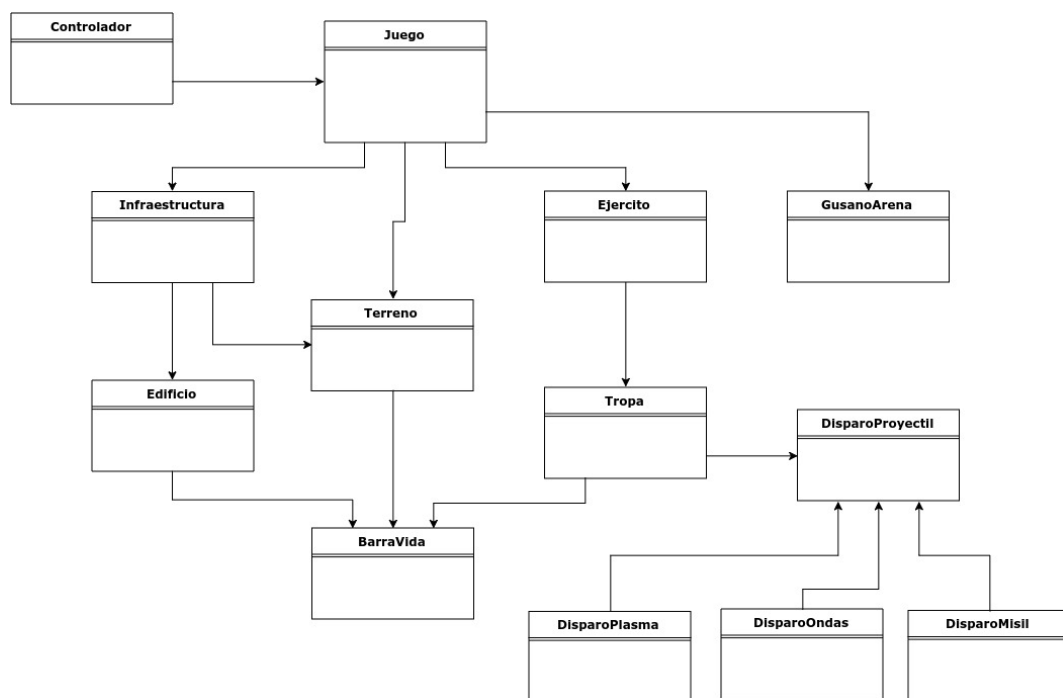


Figura 3: Esquema general del modelo local.

2.5.1. Infraestructura y Ejército

Para el modelo gráfico de tropas y edificios se decidió implementar un diseño basado en prototipos. El mismo nos permitió tener menos clases, evitar la herencia y además tener más flexibilidad a la hora de ultimar detalles cómo el posicionamiento de los sprites, ya que tomamos la decisión de bajar esta información a archivos de datos. Tanto las tropas como los edificios cargan su modelo de datos desde archivos en formato JSON.

2.5.2. Visualización Head-Up

Para la implementación del HUD se decidió utilizar un diseño basado en Widgets. Este diseño si bien no es sencillo de implementar, una vez resuelto permitió tener un sistema de eventos mucho más sencillo, mucha más movilidad a la hora de diseñar el HUD en sí y simplificar el problema de las dimensiones variables de la ventana. Con el diseño basado en Widgets, al correr el cliente en modo ventana o en modo pantalla completa el mismo se ajusta automáticamente según el espacio disponible.

La implementación de eventos en los widgets se hizo de forma directa utilizando herencia.

El componente central del HUD es el área de juego. La misma se encarga de renderizar el modelo y responder a la interacción del usuario, ya sea desde el mouse o el teclado. Estas interacciones pueden ser desde un movimiento de cámara hasta solicitar un ataque.

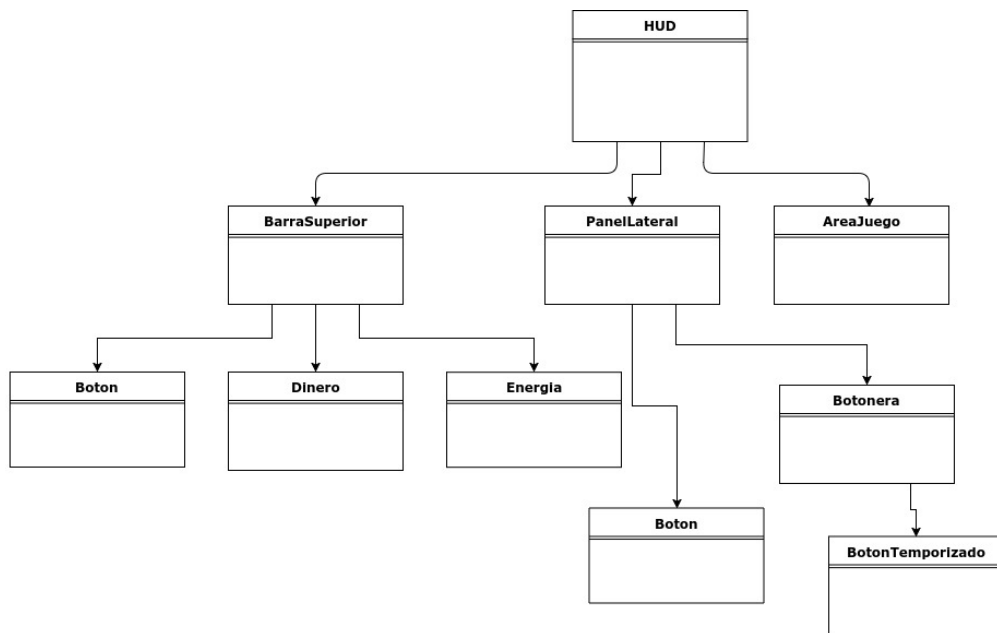


Figura 4: Esquema general del HUD.

2.6. Ciclo de juego

El ciclo de juego en el cliente se realiza de la siguiente manera:

1. Renderizar el juego
2. Procesar eventos locales (mouse y teclado)
3. Procesar eventos remotos (servidor)
4. Avanzar el juego en un fragmento de tiempo

2.6.1. Renderizar el juego

En este punto simplemente se renderizan todos los elementos en la ventana. No se realiza ninguna modificación al juego, sólo se observa y renderiza.

2.6.2. Procesar eventos locales

En esta etapa se detectan y hacen derivan los eventos provenientes de la entrada del usuario tales como movimiento/click del mouse, teclado, cerrar la ventana, etc.

Al recibirse estos eventos se los envía al widget raíz que es el encargado de propagarlos hacia abajo hasta que algún widget decida procesar el evento.

En este punto el sistema de widgets agrega una optimización “gratuita”. Debido a que la ventana se compone a partir de contenedores con posicionamiento horizontal y contenedores con posicionamiento vertical, los mismos actúan como una especie de árbol reduciendo la cantidad de widgets que deben ser procesados para indicar quién recibe un evento de mouse. Un contenedor con posicionamiento horizontal particiona el espacio según la coordenada X, mientras que un contenedor con posicionamiento vertical lo hace sobre la coordenada Y. Si bien no es una gran optimización, en grandes jerarquías esto evita revisar todos los widgets creados.

Es en este momento que se realiza la comunicación con el servidor para indicar las intenciones del usuario. El HUD es el encargado de detectar estas intenciones y luego comunicarselas al servidor.

2.6.3. Procesar eventos remotos

Luego de haberse procesado los eventos locales se procesan todos los eventos que el servidor haya comunicado. En este momento se actualiza el modelo de juego de modo de sincronizar las posiciones de tropas, crear o destruir nuevos edificios, alterar los valores de dinero / energía y demás.

Para esto se diseñaron distintas clases de eventos cuya responsabilidad es actualizar los distintos fragmentos del modelo según corresponda.

2.6.4. Avanzar el juego en un fragmento de tiempo

Una vez que se procesaron todos los eventos, se realiza la actualización temporal del modelo. Esta actualización es la que se encarga de interpolar el movimiento de tropas, cambiar el estado de los botones temporizados, animar la construcción y destrucción de edificios y cualquier otra acción que dependa del tiempo.

3. Servidor

3.1. Requerimientos de software

Para compilar, desarrollar, probar y depurar el programa es necesario contar con un SO Linux, compilador GCC 7.3.0, biblioteca Json para c++ modernos y cmake.

3.2. Descripción general

El servidor modela a los clientes con dos hilos y una cola: un hilo y una cola para enviar los mensajes, y un hilo y callbacks para recibir los mensajes.

Para el envío de mensajes se utiliza una cola para poder ofrecer al modelo de juego una latencia mínima. Esto permite que si un cliente por algún motivo es lento para recibir, el mismo quede esperando en un hilo separado hasta que la red se descongestione y el modelo pueda seguir con su procesamiento.

Para la recepción de mensajes se decidió utilizar callbacks debido a su simplicidad. Utilizar una cola por cliente para recibir los mensajes implicaría distintos problemas, tales como necesitar tener un hilo específico para poder reunir los mensajes de todos los clientes y comunicárselos al modelo o tener que pasar una cola a todos los clientes. Dado que el servidor trabaja en dos etapas: etapa de sala/lobby y etapa de partida, la solución más sencilla consistió en tener un callback en cada cliente que indique que se recibieron nuevos datos. De este modo se configura el callback en la etapa de lobby para que procese los mensajes del lobby y luego se configura un callback en la partida que simplemente encole el mensaje en la cola de mensajes del modelo.

Esto nos permitió tener sólo dos hilos por cliente y un hilo por partida, de modo que, en el caso general la cantidad de hilos corriendo en el servidor está dada por la siguiente expresión:

$$n_{hilos} = 2 + 2 \cdot n_{clientes} + n_{partidas_{activas}}$$

Es decir, el hilo principal, el hilo que acepta conexiones, dos hilos por cliente y un hilo por partida activa. La etapa de lobby/sala no requiere hilos ya que se aprovechan los hilos de recepción de los clientes.

Para toda la comunicación cliente-servidor se utilizó el formato JSON. La elección del mismo es que es un formato ampliamente conocido, sencillo de usar, y por sobre todas las cosas, al serializarse como texto plano simplificó mucho la depuración de problemas de conexión.

3.2.1. Interacción con el modelo de juego

Para poder disociar el servidor y todo lo que implique conectividad y concurrencia del modelo de juego, se diseñaron dos interfaces: `IModelo` e `IJugador`.

La primera es la interfaz que el servidor espera encontrar y que el modelo de juego debe implementar. La misma consiste en unos pocos métodos que permiten interactuar con el servidor, como iniciar la partida o saber si terminó; y métodos que significan mensajes provenientes desde un jugador. El modelo de juego sólo debe implementar estos métodos para poder escuchar a los jugadores y puede asegurarse de que los métodos se ejecutarán de forma sincrónica, protegidos por el servidor.

La segunda es la interfaz que el modelo espera encontrar y que el servidor debe implementar. Esta permite que el modelo le *hable* a los jugadores y se compone principalmente de todos los mensajes que el modelo le puede enviar a un determinado jugador, más un par de métodos misceláneos que permiten conocer el nombre del jugador, la casa a la que pertenece o un ID numérico.

3.3. Clases, interfaces y estructuras

A continuación describiremos en profundidad las clases, las interfaces y las estructuras utilizadas por el Servidor.

- **main**: delega el procesamiento del archivo de configuración en la clase `ProcesadorConfiguración` y si no hubo errores durante el procesamiento instancia un objeto de la clase `Servidor` con dicha configuración como argumento. Lanza un `std::thread` que ejecuta el método `correr` de la clase `Servidor`.
- **ProcesadorConfiguración**: se encarga de almacenar la configuración del servidor en memoria. Procesa el puerto en el que el servidor *escucha* conexiones nuevas, la información de las tropas y los edificios y los mapas cargados.
- **SocketAceptador**: es una encapsulación RAII de un socket bloqueante utilizado por `Servidor` para aceptar conexiones con clientes nuevos.
- **Servidor**: dentro de la clase `Servidor`, el método `correr` es prácticamente un ciclo `while` en el que el socket aceptador acepta conexiones con nuevos clientes, una vez concretada dicha conexión se agrega e inicializa un objeto `Cliente` cuyo constructor tiene como parámetro el socket conexión asociado al cliente (el socket que es devuelto por el `accept` del socket aceptador del servidor). También se agrega el nuevo cliente al `Lobby`. El ciclo puede ser detenido desde el `main` por el usuario mediante el método de centinela.
- **Cliente**: Encapsula la conexión del cliente y los hilos de transmisión y recepción.
- **Sala**: Gestiona el modelo de juego para una partida y los jugadores que están conectados a la misma.
- **Lobby**: el lobby es el lugar en el que están los clientes que se conectaron al `Servidor` pero todavía no se unieron a ninguna `Sala`. Recibe en el constructor la data de la configuración (mapas, edificios y ejércitos) ya que desde esta clase se crean las `Salas` (completar).
- **AdminMapas**: almacena los mapas JSON en un `std::unordered_map` siendo las claves los nombres de los mapas y los valores los mapas, siendo estos de tipo `nlohmann::json`. Tiene implementadas funcionalidades como obtener un mapa por su nombre, saber si existe un mapa con un determinado nombre y saber la cantidad de jugadores que tiene un determinado mapa.
- **IModelo**: es la interfaz que el servidor espera encontrar y que el modelo de juego debe implementar. La misma consiste en unos pocos métodos que permiten interactuar con el servidor, como iniciar la partida o saber si terminó; y métodos que significan mensajes provenientes desde un jugador. El modelo de juego sólo debe implementar estos métodos para poder escuchar a los jugadores y puede asegurarse de que los métodos se ejecutarán de forma sincrónica, protegidos por el servidor.
- **IJugador**: es la interfaz que el modelo espera encontrar y que el servidor debe implementar. Esta permite que el modelo le *hable* a los jugadores y se compone principalmente de todos los mensajes que el modelo le puede enviar a un determinado jugador, más un par de métodos misceláneos que permiten conocer el nombre del jugador, la casa a la que pertenece o un ID numérico.
- **ConexionJugador**: es la clase que implementa la interfaz `IJugador`. Esta clase adapta la clase interna `Cliente` a la interfaz requerida por el modelo de juego para realizar las comunicaciones.

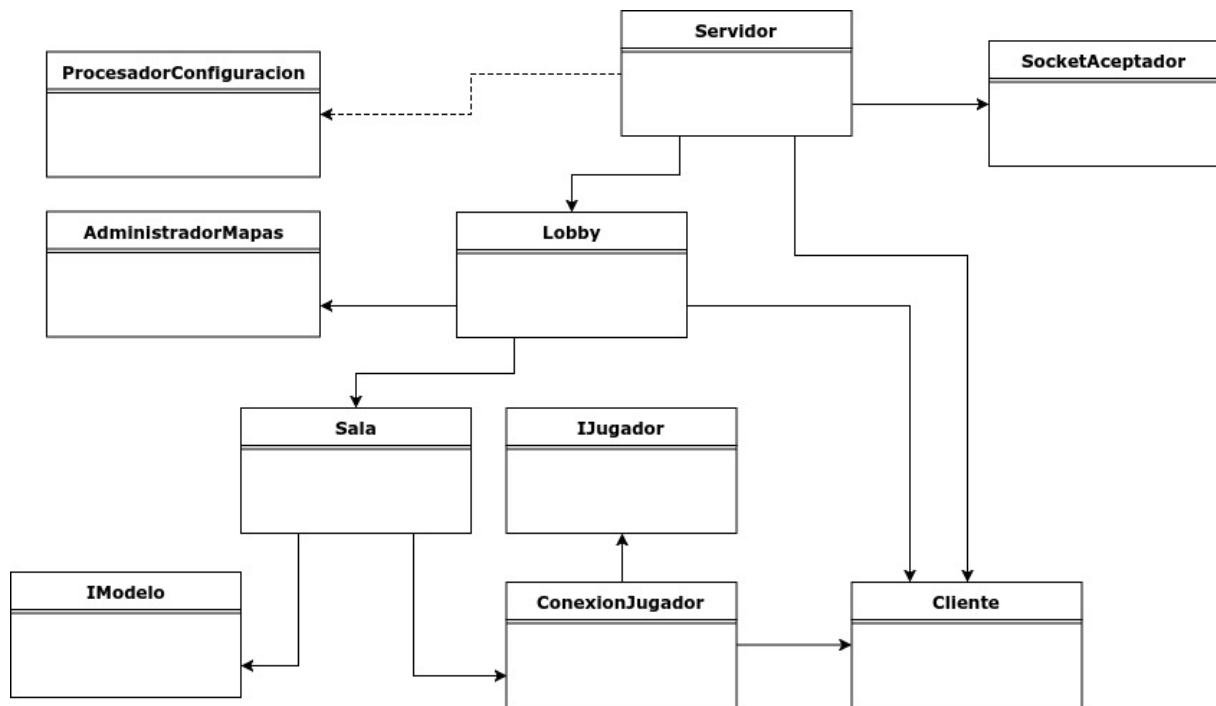


Figura 5: Esquema general de la sección de redes del servidor.

3.4. Formato de los archivos de configuración

Todos los archivos de configuración deben estar en formato JSON. A continuación se describe el contenido de los mismos

■ Configuración general

El archivo de configuración general es un JSON que almacena el puerto de conexión del servidor, la ruta al archivo de datos de los edificios, la ruta al archivo de datos de los ejércitos y un array de rutas a los mapas disponibles.

■ Edificios

El archivo de edificios contiene la información relativa a los edificios que se pueden construir en el juego, sus imágenes y metadatos. Este archivo contiene un arreglo de objetos siendo cada objeto un nuevo tipo de edificio. Cada edificio tiene los siguientes datos:

- ID: este es el identificador del *tipo* de edificio. Debe ser único por cada clase de edificio distinto.
- Nombre: el nombre *legible por humanos* del edificio, para mostrar en la interfaz gráfica.
- Descripción: descripción del edificio para mostrar en la interfaz gráfica. No debe superar los 100 caracteres.

- Metadata: metadatos del edificio, este campo sólo se utiliza para mostrar información extra al usuario (no afecta al juego). El mismo debe ser un objeto JSON donde la clave es un nombre de atributo y el valor debe ser el valor del mismo.
- Energía: energía requerida por el edificio.
- Costo: dinero requerido para construir el edificio.
- Dimensiones: dimensiones, en celdas, del edificio.
- Tiempo de construcción: tiempo, en segundos, requeridos para construir el edificio a velocidad normal.
- Puntos de estructura: puntos de estructura (vida máxima) del edificio.
- Capacidad de almacenamiento de especia: si el edificio puede almacenar especia, debe indicarse la cantidad en este campo.
- Sprite base, construido y destruido : estos sprites definen cómo se dibujará el edificio en la pantalla de los clientes. El sprite *construido* representa el número de imagen a mostrar por el cliente cuando el edificio está construido y con más del 20 % de la vida. El sprite *destruido* representa el edificio cuando tiene menos del 20 % de la vida. El sprite *base* se utiliza cuando un edificio requiere componer su imagen a partir de dos sprites. Los parámetros 'x' e 'y' en los tres casos permiten desplazar el sprite para hacerlo coincidir con el sprite base.
- Sprite del botón de construcción: indica cual es el número de imagen correspondiente al botón de construir.

■ Ejércitos

El archivo de ejércitos es el que contiene toda la información requerida por el servidor y los clientes sobre los distintos tipos de tropa. El mismo debe estar en formato JSON y contener, **únicamente** un objeto con dos atributos: 'armas' y 'unidades'. El atributo 'armas' debe ser un arreglo de objetos con los siguientes atributos:

- ID: este es el identificador del *tipo* de arma. Debe ser único por cada clase de arma distinta. Este parámetro es obligatorio.
- Daño: el daño que hace el arma cada vez que es disparada.
- Frecuencia de disparo: cuántas veces por segundo se debe disparar el arma.
- Bonificaciones por clase de tropa: debe ser un objeto donde cada atributo es el ID de una tropa definida en 'unidades' y el valor es el daño extra a realizar (daño total = daño + bonificación).
- Bonificaciones por tipo de tropa: debe ser un objeto donde cada atributo es 'vehículo' o 'unidad' para determinar si la bonificación aplica a vehículos o a unidades, respectivamente; y el valor el mismo es el daño extra a realizar.
- Bonificaciones a edificios: indica el daño extra realizado por la tropa a los edificios.

El atributo 'unidades' debe ser un arreglo de objetos con los siguientes atributos:

- ID: este es el identificador del *tipo* de tropa. Debe ser único por cada clase de tropa distinta.
- Nombre: el nombre *legible por humanos* de la tropa, para mostrar en la interfaz gráfica.

- Descripción: descripción de la tropa para mostrar en la interfaz gráfica. No debe superar los 100 caracteres.
- Metadata: metadatos de la tropa, este campo sólo se utiliza para mostrar información extra al usuario (no afecta al juego). El mismo debe ser un objeto JSON donde la clave es un nombre de atributo y el valor debe ser el valor del mismo. Un ejemplo de esto sería lo siguiente: `{Rango: "3 casillas"}`.
- Casa: identificadores de las casas que pueden construir este tipo de edificio. Debe ser un arreglo que contenga al menos una y como máximo tres de las mencionadas en el valor por defecto.
- Requerimiento: indica qué edificios son requeridos para poder entrenar este tipo de tropa. Observar que los ID son strings que deben coincidir con los IDs definidos en el archivo de edificios.
- Armas: arreglo con los ID de armas que posee la tropa. El ID debe coincidir con el indicado en el atributo 'armas' de este mismo archivo.
- Rango: rango de ataque de la tropa, en casillas.
- Velocidad: velocidad de la tropa, en km/h.
- Tiempo de entrenamiento: tiempo de entrenamiento de la tropa en minutos. Observar que el valor es número de punto flotante.
- Costo: dinero requerido para entrenar la tropa.
- Vida: vida máxima de la tropa.
- Sprite base, techo y disparo: estos sprites definen cómo se dibujará la tropa en los clientes. Sprite base define el primer sprite de una secuencia de sprites. Para el caso de los vehículos, este sprite define el primero de los 32 sprites de orientación del vehículo. Para el caso de las unidades, este sprite define el primero de las animaciones de caminar, disparar y fallecer. Sprite techo sólo se utiliza en el caso de los vehículos y define el primero de 32 sprites orientables que se dibujará sobre el techo del sprite base.
- Sprite de descarga: para las unidades que recolectan especia, este sprite indica cual es el primero de la animación de descarga de la especia en las refinerías.
- Sprite del botón de entrenamiento: indica cual es el número de imagen correspondiente al botón de entrenar.
- Tipo de unidad: indica si es una unidad o un vehículo. Los valores admitidos son 'unidad' y 'vehículo'.

3.5. Análisis de tiempos y ciclo de juego

El ciclo de juego del modelo se realiza dentro del servidor, en la clase `Sala`. La misma procesa los eventos y actualiza el modelo cada 20ms. Cada ciclo de juego se compone de dos etapas: procesar eventos recibidos y actualizar un paso del modelo.

Todos los eventos se reciben asincrónicamente y se encolan en una cola bloqueante temporizada. La misma permite obtener un dato y bloquear el hilo por un máximo de tiempo si está vacía. Durante la etapa de procesamiento de eventos recibidos se realiza un "pull" a la cola con un tiempo límite de 18ms (80% del tiempo de actualización del modelo). Esto permite tener 2ms de margen para que se termine de procesar algún evento.

Una vez que transcurrieron los 18ms de procesamiento de eventos se realiza una espera hasta que se cumplan los 20ms totales y luego se actualiza el modelo.

Podría suceder, eventualmente que un evento tarde más de 18ms en procesarse. Para no perder el sincronismo, la base de tiempo se actualiza de forma fija cada 20ms y si esto sucediera se realizaran varios ciclos de actualización del modelo sin obtener eventos de la cola, hasta que el modelo alcance el tiempo correspondiente.

Esto es negativo para el desarrollo del juego y es un problema que fue considerado durante el desarrollo pero por falta de tiempo no se llegó a solucionar. En particular el evento que más tarda en procesarse es el de movimiento de tropas, ya que implica calcular el algoritmo A* para cada tropa que vaya a moverse.

A continuación se muestra un gráfico donde se analizan los tiempos en un caso general de prueba del servidor:

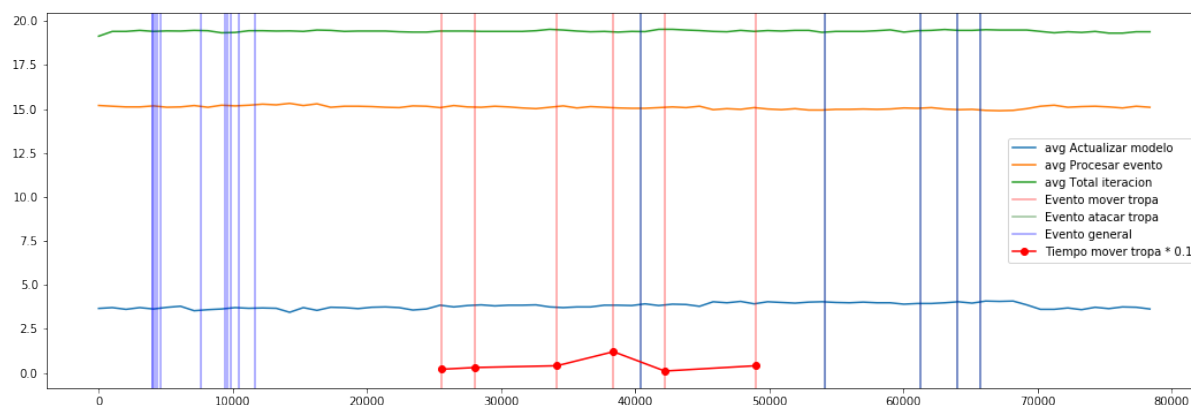


Figura 6: Tiempos de respuesta del ciclo de juego.

El mismo muestra en el eje X el tiempo transcurrido de la partida y en el eje Y el tiempo que tomó cada variable medida. Ambos ejes están en milisegundos.

Las líneas verde, naranja y azul (horizontal) muestran los promedios en ventanas de un segundo de el tiempo total de la iteración, el tiempo tomado esperando / procesando eventos y el tiempo de actualización del modelo, respectivamente. En los tres casos se puede observar que las líneas son generalmente constantes con mínimas variaciones.

La línea roja, por otra parte, muestra el tiempo que tomó procesar el evento mover tropas, dividido por 10 para escalarlo al gráfico. En el gráfico siguiente se puede observar en escala 1:1.

Las líneas verticales rosas, verdes y azules muestran el momento en el modelo recibió un evento “mover tropa”, “atacar tropa” y cualquier otro evento, respectivamente.

En el gráfico se puede observar que el tiempo tomado al procesar el evento mover tropa varía bruscamente en cada caso y el mismo depende fuertemente de la cantidad de tropas a mover, la distancia al destino y la cantidad de obstáculos en el camino.

En el siguiente gráfico se muestra únicamente los eventos, sin escalar el tiempo.

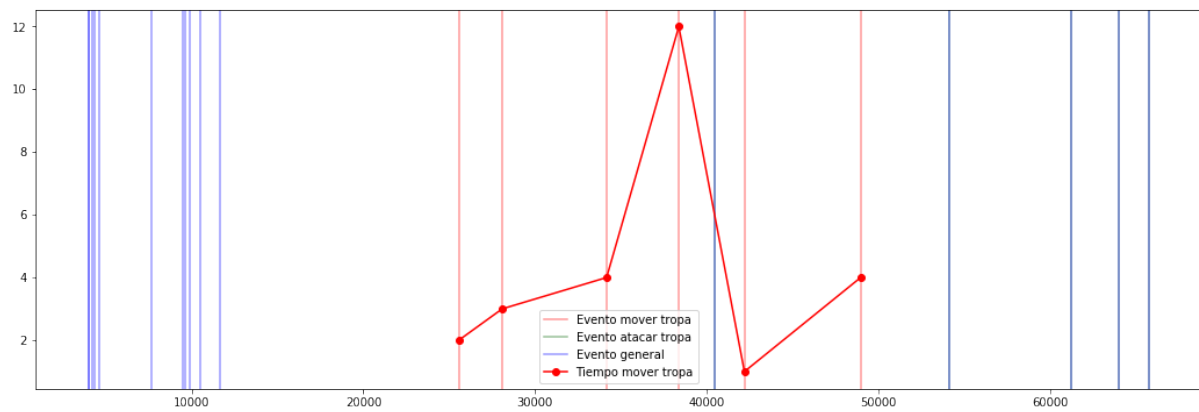


Figura 7: Tiempos de respuesta de eventos mover tropas.

Se puede observar que el tiempo, si bien varía bruscamente en los casos generales está dentro de los 20ms de ventana, y debido a la espera adaptable en el ciclo de juego esto se vuelve imperceptible.

4. Editor

4.1. Requerimientos de software

Para compilar, desarrollar, probar y depurar el programa es necesario contar con un SO Linux, compilador GCC 7.3.0, Qt 5, QtDesigner, User Interface Compiler (uic), biblioteca Json para c++ modernos y cmake.

4.2. Descripción general

El Editor fue codeado en el lenguaje C++ y además se utilizó la librería gráfica Qt 5 y la librería JSON para C++ modernos. La aplicación esta compuesta por 2 elementos principales: el dialogo de bienvenida y el editor de mapas. El dialogo de bienvenida contiene 2 botones que permiten elegir entre crear un mapa desde cero y cargar un mapa creando anteriormente. Luego de configurar el nuevo mapa o de elegir el mapa ya creado con anterioridad se abre la ventana del editor de mapas. Dicho editor esta compuesto por 3 elementos: el terreno del mapa, la pestaña que contiene los distintos terrenos ubicables en el mapa y la barra con el menu.

Se utilizo Qt 5 para diseñar la interfaz gráfica y para atrapar los eventos que el usuario genere al utilizar dicha interfaz gráfica. Para almacenar un mapa utilizamos el formato JSON al ser un formato ampliamente conocido y sencillo de usar.

4.3. Clases, interfaces y estructuras

A continuación describiremos en profundidad las clases, las interfaces y las estructuras utilizadas por el Editor.

- **main:** función de entrada de la aplicación. Muestra el dialogo de bienvenida e inicializa el loop de la ui.
- **DialogoBienvenida:** clase que hereda de QDialog, por lo tanto representa a una ventana de diálogo. Contiene 2 QPushButton, uno para crear un mapa y el otro para cargar un mapa. Como layout utiliza un QFormLayout aunque podrían usar otros sin cambiar la funcionalidad. Los eventos de click de los botones generan la ejecución de los métodos DialogoBienvenida::mostrar_dialogo_crear_mapa y DialogoBienvenida::mostrar_dialogo_cargar_mapa. El primer método muestra otro diálogo conformado por QSpinBox para poder elegir la cantidad de jugadores y el tamaño del mapa y el segundo muestra un QFileDialog para elegir el archivo del mapa guardado. Al final de ambos métodos se inicializa el objeto Editor.
- **Editor:** clase que hereda de QMainWindow ya que trae por defecto un QMenuBar, también implementa la interfaz 'Observador'. Se encarga de inicializar 'Mapa' y 'Tabs', de implementar respuestas a clicks en el QMenuBar (desde mostrar diálogos para modificar la configuración del mapa hasta guardar el mapa o cargar otro mapa) y oficia de intermediario entre el Mapa y la pestaña de Terrenos. Es observador de su propio 'Mapa' y se encarga de actualizar el terreno de un 'LabelMapa' en el caso de que este sea clickeado y a su vez este clickeado un 'LabelTab'. En el caso especial de que el LabelTab sea el de un jugador, se hacen verificaciones extras (por ejemplo este solo puede ubicarse sobre la roca) y estas verificaciones las delega en Mapa.
- **Mapa:** clase que implementa la interfaz 'ObservadorMapa' para justamente observar los 'LabelMapa' y ser notificado cuando uno de estos es clickeado. Se encarga de generar

los 'LabelMapa' y agregarlos a un QGridLayout scrollable para representar un mapa. También almacena las posiciones de los distintos jugadores ubicados por el usuario. El 'Editor' delega el cambio de tamaño del mapa en esta clase al justamente tener toda la información de los labels que conforman al mapa en ese momento.

- Tabs: clase que implementa la interfaz 'ObservadorTabs' para justamente observar los 'LabelTab' y ser notificado cuando uno de estos es clickeado. Tiene como atributos un `std::map` con los sprites que son mostrados en la pestaña de Terrenos y un 'Sprite' que representa al sprite del 'LabelTab' que fue clickeado (puede ser ninguno). Dicho Sprite es solicitado por 'Editor' cuando es clickeado un 'LabelMapa' para poder actualizar dicho LabelMapa.
- LabelTab: clase que hereda de QLabel ya que permite settearle un QPixmap y además puede atrapar el evento de click del mouse. Es el objeto que aparece en la pestaña de Terrenos del editor de mapas. A su vez es observado por otro objeto que implementa la interfaz 'ObservadorTabs'. Dicho observador es notificado cuando se hace click sobre el label. El observador luego se encarga de almacenar cual LabelTab fue clickeado y si debe dibujarse un marco de clickeado o debe ser borrado su marco de clickeado (caso en el que el LabelTab había sido seleccionado anteriormente). Tiene la función de devolver su 'Sprite' correspondiente que luego es utilizado por otras clases para actualizar la imagen de un 'LabelMapa' al ser este clickeado.
- LabelMapa: clase que hereda de QLabel (por las mismas razones que 'LabelTab') y además porque puede atrapar los eventos de enter y leave mouse (solamente se utiliza para mostrar un marco negro alrededor del label para mejorar la interfaz del usuario). Es el objeto que aparece en el mapa. A su vez es observado por otro objeto que implementa la interfaz 'ObservadorMapa'. Dicho observador es notificado cuando se hace click sobre el label. El observador luego se encarga de verificar si hay que actualizar el terreno que representa el LabelMapa.
- GeneradorSprites: clase encargada de la generación de elementos 'Sprite'. El método público 'generar_sprites_posibles' es utilizado por la clase 'Mapa' antes de cargar un mapa, su función es generar todos los Sprites posibles que pueden ser ubicados en un mapa y así evitar la repetición de generación de un 'Sprite' en particular. Por ejemplo el Sprite arena es el mas utilizado en los mapas y en mapas grandes pueden haber cientos de Sprites arena, para no generar mas de 100 veces el mismo QPixmap, este método lo genera un única vez y devuelve un `std::map` con todos los sprites posibles. Luego se le pasa por parámetro el Sprite al constructor de 'LabelMapa'.

Otro método público llamado 'generar_sprite_inicial', similar al anterior y pensado de la misma manera, genera un 'Sprite' que es elegido por nosotros como inicial o por default para completar un 'Mapa' creado desde cero. Elegimos que dicho Sprite por default sea el de la arena.

Finalmente implementa otro método público llamado 'generar_sprite', utilizado por 'LabelTab' para generar los 'Sprite' de cada terreno que luego es mostrado en 'Tab'. Recibe como parámetro el id, el tipo y el vector de posiciones de los tiles de 8x8 dentro del archivo de terrenos .bmp (que es el único atributo de esta clase, en forma de QPixmap).

- ManejadorJson: clase cuya función única es generar el mapa en formato JSON. Recibe por parámetro el nombre del archivo a generar, el tamaño del mapa, la posición de los juga-

dores y la información de los terrenos que conforman al mapa. Le quita responsabilidades a la clase 'Mapa'.

- Sprite: estructura que representa a un sprite. Esta compuesta por 3 elementos: un id de tipo string, un int que representa al tipo y un QPixmap que es la imagen en sí misma.
- Observador: interfaz implementada por 'Editor'. Es utilizado por 'Mapa' para avisarle a 'Editor' cuando se hizo un click sobre un 'LabelMapa', el método virtual tiene como único parámetro el id de dicho 'LabelMapa'.
- ObservadorMapa: interfaz implementada por 'Mapa'. Es utilizado por 'LabelMapa' para avisarle al observador que fue clickeado. El método virtual tiene como único parámetro el id de dicho 'LabelMapa'.
- ObservadorTabs: interfaz implementada por 'Tabs'. Es utilizado por 'LabelTab' para avisarle al observador que fue clickeado. El método virtual tiene como único parámetro el id de dicho 'LabelTab'.

4.4. Diagramas UML

- Comunicación Editor-Mapa-Tabs

En el siguiente diagrama de secuencia se aprecia como funciona la comunicación entre los objetos Editor, Mapa y Tabs al agregar con éxito un terreno al mapa.

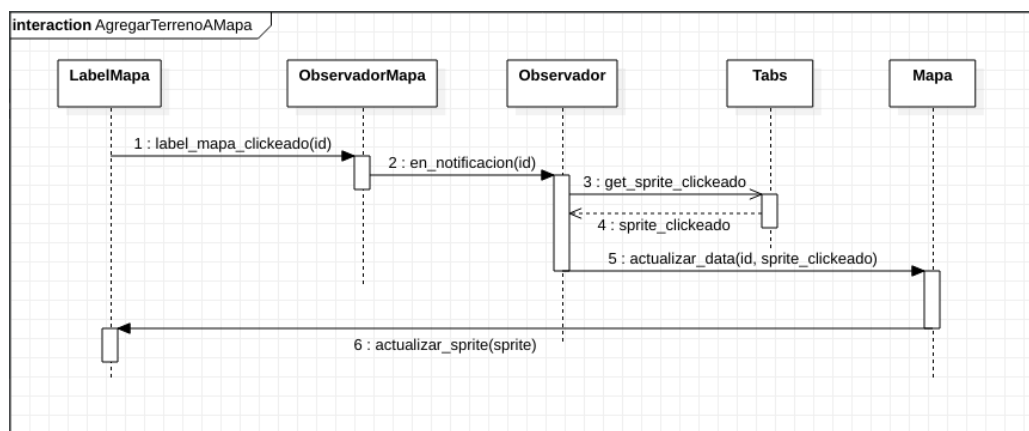


Figura 8: Diagrama de secuencia UML: agregar terreno al mapa.

4.5. Descripción de archivos

- Mapa

El Editor tiene la función de crear mapas y almacenarlos en memoria. Elegimos almacenarlos en el formato JSON por las razones indicadas en la 'Descripción general' del informe técnico en la sección del Editor. Dentro del archivo JSON se almacenas 2 arrays: uno representa la posicion de cada jugador en el mapa y el otro reprenta al mapa en si mismo.

El array de jugadores es de largo n siendo n la cantidad de jugadores. Cada elemento del array de jugadores a su vez es un array de largo 2 que representa la posición en el mapa del jugador, $[X, Y]$.

El array que representa al mapa también es una array de arrays. En este caso los arrays que se encuentran dentro del array principal son de largo k siendo k la cantidad de columnas del mapa y el array principal tiene un largo de h siendo h la cantidad de filas del mapa. Dentro de los arrays secundarios se ubican strings que representan los diferentes terrenos ubicables en el mapa. A continuación explicaremos que son esos strings en el ítem 'Sprites terrenos'.

- Sprites terrenos

Los sprites de los terrenos están distribuidos en cuadrados de 8×8 píxeles en el archivo 'd2k_BLOXBASE.bmp' cuyo tamaño es de 160×320 píxeles. A su vez cada tile del mapa tiene un tamaño de 32×32 píxeles, lo que serían 16 cuadrados de 8×8 . A su vez cada tile tiene un id en formato string (por ejemplo: ".arenal") y un tipo en formato int (por ejemplo: "0"). Para cada tipo de terreno existen distintos tiles con distintos ids (por ejemplo: roca1", roca2", etc.).

En el archivo terrenos.json se encuentran los distintos tipos de terrenos con sus respectivos tiles. Cada tile está representado por un vector de ints de largo 16, cada elemento representa la posición de un cuadrado de 8×8 píxeles en el archivo .bmp indicado anteriormente, siendo el cuadrado que se encuentra en la esquina superior izquierda el 1, el cuadrado que se encuentra a su derecha el 2 y sigue contando de esa manera.

- Editor.ui

Dicho archivo, editable con el programa Qt Designer, almacena la información de la interfaz gráfica (el diseño o wireframe, los distintos widgets, etc.).