

Rubén Arcos Ortega

2º C.F.G.S. Desarrollo de aplicaciones multiplataforma

Servicios y procesos



# TOWER CONTROLLER'S AIRPORT

Torre de control de un aeropuerto





# Índice

1	Motivación del proyecto .....	5
2	Planteamiento del problema real .....	5
2.1	Entorno .....	5
2.2	Situación real y normativa aplicable .....	5
2.2.1	El espacio aéreo .....	5
2.2.2	Controlador .....	6
2.2.3	Tipos de controladores de tráfico aéreo .....	9
2.2.4	Condiciones meteorológicas de vuelo .....	10
2.2.5	Espacio físico .....	11
2.2.6	Tráfico .....	11
2.2.7	Tiempo atmosférico .....	11
2.2.8	Matriculación de los aviones .....	12
3	Análisis del problema .....	13
3.1	Estructura y lógica de la aplicación .....	13
3.1.1	Pista (stage) : .....	13
3.1.2	Avión (thread) : .....	13
3.1.3	Torre de control (pipe) : .....	14
3.2	Correlación y justificación de la técnica de sincronización de hilos .....	14
3.3	Diagrama de clases .....	17
4	Programación fuente .....	19
5	Justificación de la solución .....	19
6	Bibliografía .....	21



En la siguiente documentación, se detalla la práctica evaluable relacionada con la asignatura de Servicios y procesos, con fecha de entrega del miércoles 25 de noviembre de 2015.

A continuación se encuentra el planteamiento del problema a resolver, la estructuración y motivación del proyecto, junto con el diagrama de clases del mismo y los códigos fuentes relacionados.

He de dejar constancia que el proyecto ha supuesto una gran puesta en práctica de los conocimientos adquiridos durante el periodo de la asignatura en el ámbito de la programación mediante hilos (*threads*) mediante el lenguaje de programación JAVA, dando paso y una nueva visión del procesamiento en paralelo de procesos y subrutinas independientes, como de la sincronización de las mismas. Dejo a la espera de futuras mejoras y ampliaciones en este proyecto, debido a la adaptación a los plazos de entrega. No obstante detallo la intención de continuidad en las áreas de:

- Aumento en el número de criterios a barajar en cuanto a la ordenación de las lista de espera y asignación de entrada en pista.
- Despegue y control de colisiones.
- Interfaz gráfica del usuario (GUI) altamente mejorable y optimizable.
- Generación aleatoria de los modelos gráficos de aviones.





## 1 Motivación del proyecto

Realización de una aplicación mediante el lenguaje de programación JAVA, que incorpore y requiera en la medida más cercana a la realidad de sincronización de hilos y similitud a un problema que requiera de los mismos. Utilización de entorno gráfico basado en *Applets* y modularidad de la aplicación basado en patrón de diseño.

## 2 Planteamiento del problema real

### 2.1 Entorno

Sistema de control del tráfico aéreo, concretamente en el momento de la gestión de todo el personal al cargo de la torre de control de pista de un aeropuerto civil, comercial e internacional.

### 2.2 Situación real y normativa aplicable

#### 2.2.1 El espacio aéreo

El espacio aéreo se divide en regiones de información de vuelo, conocidas como *FIR* (*Flight Information Region*), y cada país se hace responsable del servicio en las comprendidas en su 'área de responsabilidad'. En muchos casos esta área de responsabilidad excede las aguas territoriales de un país a fin de que el espacio aéreo comprendido sobre las aguas internacionales sea provisto de un servicio de información. El espacio aéreo en el que se presta el servicio de control aéreo se llama 'espacio aéreo controlado'. La unidad encargada de entregar el servicio de control al tráfico aéreo en estas áreas recibe el nombre de centro de control de área. Debido al amplio espacio aéreo que manejan, están divididos en sectores de control, cada uno responsable de una parte del espacio total a su cargo. Cuando un avión está a punto de salir de un sector es traspasado al siguiente sector en forma sucesiva, hasta el aterrizaje en su destino.



Actualmente, la mayor parte de las rutas aéreas están cubiertas por radares<sup>1</sup>, lo que permite hacer un seguimiento permanente a los vuelos.

En las regiones de información de vuelo se encuentran las áreas terminales<sup>2</sup> de los aeropuertos importantes y entre ellas discurren las aerovías, pasillos por los que circulan las aeronaves. Otros elementos son las áreas prohibidas, restringidas o peligrosas, que son zonas donde el vuelo de aeronaves se ve restringido en diferentes medidas y por causas diversas.

Las normas que regulan la circulación aérea en el espacio aéreo controlado se recogen en el Reglamento de Circulación Aérea<sup>3</sup>.

### 2.2.2 Controlador

El controlador de tránsito aéreo, o controlador de tráfico aéreo (*ATC*, sigla que en inglés significa *Air Traffic Controller*), es la persona encargada profesionalmente de dirigir el tránsito de aeronaves en el espacio aéreo y en los aeropuertos, de modo seguro, ordenado y rápido, autorizando a los pilotos con instrucciones e información necesarias, dentro del espacio aéreo de su jurisdicción, con el objeto de prevenir colisiones, principalmente entre aeronaves y obstáculos en el área de maniobras. Es el responsable más importante del control de tránsito aéreo.



*Ilustración 1 - La torre de control del aeropuerto internacional Suvarnabhumi es la más alta del mundo.*

---

<sup>1</sup> La simulación con un visor de radar es la base en la que se encuentra inspirada la interfaz gráfica de la aplicación y la velocidad de visualización de la misma. Recomiendo la visualización de la página web: <http://www.flightradar24.com/36.67,-4.5/14> (del aeropuerto de Málaga) para entender mejor el concepto.

<sup>2</sup> Contemplado en el diseño de la pista de aterrizaje y concretamente en el aparcamiento del avión cuando se encuentra en estado "ATERRIZANDO" y no es controlado por el hilo del avión, si no por un vehículo de remolque, por ello se realiza a través de una renderización gráfica independiente, no por el método sincronizado.

<sup>3</sup> Puede consultarse en: [http://www.fomento.gob.es/nr/rdonlyres/5b54ba98-2d15-4a7a-9f6d-2d7fd4cadd05/121634/regcir\\_aerea\\_191113.pdf](http://www.fomento.gob.es/nr/rdonlyres/5b54ba98-2d15-4a7a-9f6d-2d7fd4cadd05/121634/regcir_aerea_191113.pdf)



Su labor es complicada, debido al denso tránsito de aviones, a los posibles cambios meteorológicos y otros imprevistos. Los controladores de tránsito aéreo se seleccionan entre personas con gran percepción y proyección espacial, recibiendo, a su vez, un intensivo entrenamiento, tanto en simuladores de torre de control, control de aproximación, control de área y radar, como también como pilotos, en simuladores de vuelo, para profundizar sus conocimientos de vuelo por instrumentos, en los cursos básico e intermedio, de control de tránsito aéreo.



Ilustración 2 - Torre de control aéreo.

Para mantener la seguridad en cuanto a separación entre aeronaves, los ATC aplican normas dispuestas y recomendaciones entregadas por la *Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)*, *Federal Aviation Administration (FAA)* y demás autoridades aeronáuticas de cada país. El controlador de turno es responsable de las aeronaves que vuelan en un área tridimensional del espacio aéreo conocida como área de control, área

de control terminal<sup>4</sup>, aerovía, etc. Cada controlador ha de coordinarse con los controladores de sectores adyacentes para planificar las condiciones en que una aeronave ingresará en su área de responsabilidad, entregando dicho vuelo sin ningún tipo de conflicto respecto de otro tránsito, condición meteorológica, posición geográfica o de altitud (nivel de vuelo), siendo esto válido tanto para vuelos nacionales como internacionales.

Los controladores trabajan en los centros de control de área (ACC), en la torre de control (TWR) o la oficina de control de aproximación (APP), donde disponen de varios sistemas electrónicos y de computación que les ayudan en el control y gestión del tráfico, como el radar (RDR), (*Radio Detection and Ranging*), que es un instrumento emisor/receptor de ondas de altísima frecuencia, el cual detecta los objetos que vuelan dentro de su espacio aéreo, y, a través de programas computacionales, los presenta en las pantallas radar, que les facilitan la gestión y progreso de los vuelos en sus posiciones de control. Existen otros

---

<sup>4</sup> En el caso que aquí se trata es la zona que se ha contemplado, aproximadamente 5 millas náuticas, que equivale a 9260 metros. de radio sobre el aeropuerto.





programas de asistencia, como los que ajustan las pistas disponibles<sup>5</sup>, tanto para despegue como aterrizaje de aviones y el orden en que los vuelos han de despegar y aterrizar para optimizar el número de vuelos controlables.

Normalmente, el grupo de la torre de control se forma de una gran cantidad de individuos, especializados en una tarea concreta; por ejemplo, el encargado del radar, el controlador de pistas de aterrizaje y despegue (*Local Control*), el controlador encargado de entregar autorizaciones a las aeronaves que salen bajo reglas de vuelo por instrumentos (*Clearance Delivery*), el controlador encargado de autorizaciones en calles de rodaje (*TWY*) y plataforma, (*Ground Control*) o el supervisor general.



Ilustración 3 - Espigones del de Terminal 3 Heathrow, Londres.

En el caso particular que se contempla en la aplicación, quedaría la siguiente relación de similitud:

	Entorno real	Entorno simulado
Controlador de pistas de aterrizaje y despegue ( <i>Local Control</i> )	Controlado de pista	Método <i>peticionPista</i> (synchronized) de la clase <i>torreControl</i> , junto el método <i>verAvionesEnEspera</i> (para su visualización) y la lista <i>listaAvionesEsperaPista</i> (para su almacenaje) y ordenación a través del método <i>ordenarPeticiones</i> dependiente de la sobrecarga de la propiedad <i>sort</i> de la clase general <i>Arrays</i> .
Controlador encargado de entregar autorizaciones a las aeronaves	Controlador de autorizaciones de aterrizaje	Método <i>peticionAterrizaje</i> (synchronized) encargado de la comprobación del estado de pista previa, estado del avión y correspondencia de ser la primera solicitud a la espera de entrada a pista y apertura o cierre de la misma.

<sup>5</sup> Simulado mediante la lista de espera de solicitudes de pista en la aplicación.



( <i>Clearance Delivery</i> )		
Controlador encargado de autorizaciones en calles de rodaje ( <i>TWY</i> ) y plataforma, ( <i>Ground Control</i> )	Controlador de autorización TAXI	Método aterrizar ( <i>synchronized</i> ) encargado de la gestión de cuatro estados diferentes de cada vuelo, junto con la monitorización de la rodadura de pista el remolcador de aviones hasta su aparcamiento y desalojo de pasajeros.

### 2.2.3 Tipos de controladores de tráfico aéreo

- **Controlador de autorizaciones**<sup>6</sup> (*DELIVERY/CLEARANCE*). Es el encargado de dar todas las autorizaciones de plan de vuelo a las aeronaves salientes.
- **Controlador de tierra** (*GND*)<sup>7</sup>. Es el encargado de guiar a la aeronave "en tierra" por las calles de rodaje (*TWY-Taxiway*), tanto desde las puertas de embarque a la pista de aterrizaje activa, como a otras plataformas en el aeropuerto y desde la pista al aparcamiento.
- **Controlador de torre** (*TWR*)<sup>8</sup>. Tiene al mando la pista o pistas de aterrizaje y las intersecciones; autoriza a la aeronave para aterrizar o despegar, y controla las reglas de vuelo visual (*VFR*). Opera en el espacio conocido como *ATZ* con un alcance de 5 millas náuticas<sup>9</sup>, que equivale a 9260 metros; debe proporcionar información sobre meteorología adversa, trabajos que afecten la pista y otros tales como bandadas de aves.
- **Controlador de aproximación**<sup>10</sup> (*APP*). Controla el espacio aéreo; *CTR* le da prioridades a los vuelos *IFR* (*Instrument flight rules*) o reglas de vuelo por instrumentos, alrededor de las 5 millas hasta el límite propio de su espacio, pudiendo ser de 10, 20 o 40 millas según el caso y FL 195 de altura (*FL= Flight Level*) dependiendo del aeropuerto. Maneja los tráficos que salen y llegan a uno o más aeropuertos. En las salidas, éste los transfiere al controlador de centro (*ACC*) antes de alcanzar el límite de su espacio aéreo tanto en extensión como en

<sup>6</sup> Lo he contemplado dentro de los roles de los controladores (métodos *synchronized*).

<sup>7</sup> Método aterrizar (*synchronized*).

<sup>8</sup> Clase *torreControl* y atributos relacionados.

<sup>9</sup> El motivo por el cual se ha contemplado solo este espacio aéreo, como se indicó anteriormente.

<sup>10</sup> Gestionado mediante el método *peticionPista* de ahí que se tenga en cuenta el tiempo de llegada y las estimaciones correspondientes.



altura. En las llegadas, el controlador de *APP* transfiere <sup>11</sup>a las aeronaves a *TWR* cuando van a aproximarse para aterrizar. Puede trabajar o bien con un radar, o bien mediante horas estimadas y fichas de progreso de vuelo<sup>12</sup>, a lo que se le conoce como control por procedimientos.

- **Controlador de ruta o área (ACC).** <sup>13</sup>Controla el resto del espacio aéreo. Los límites entre aproximación y ruta se establecen entre los centros de control mediante cartas de acuerdo. En líneas generales, el controlador de ruta o área controla los tráficos establecidos a un nivel de vuelo y el controlador de aproximación los tráficos en evolución, tanto en ascenso para el nivel de vuelo idóneo como en descenso para aterrizar en el aeropuerto de destino.

Cabe resaltar, con especial hincapié, que hay estados donde un solo controlador aéreo realiza más de una función. Por ejemplo, el DEL puede realizar a su vez GND.

#### 2.2.4 Condiciones meteorológicas de vuelo

El tráfico aéreo se mueve ya sea mediante las reglas de vuelo visual *VFR* o las reglas de vuelo instrumental *IFR* dependiendo de los equipos que posea la aeronave, las habilitaciones de la tripulación y condiciones meteorológicas, entre otras. En general se vuela bajo las operaciones *VFR* <sup>14</sup>cuando las condiciones del clima son buenas alrededor de la aeronave para ser operada bajo una condición visual hacia tierra y hacia otras aeronaves, y cuando la densidad de



*Ilustración 4 - La pista de aterrizaje 31 del aeropuerto Ruzyně en Praga, República Checa.*

tráfico aéreo es lo suficientemente baja como para que el piloto pueda depender más de su radio de visión que de la lectura instrumental. Para ello las condiciones tienen que ser solo VMC; o sea, no se puede volar con VFR en IMC. Al contrario de las VFR, las IFR se

<sup>11</sup> Es el motivo del diseño de cambios y control de `ESTADO_AVION(enum)` de los aviones, los controladores se transfieren los vuelos (la información) de forma continuada, como aquí se indica.

<sup>12</sup> En la aplicación se realiza mediante generación aleatoria de rango.

<sup>13</sup> No se ha incorporado este control en la aplicación. Debido a que abarca un área y control superior a la local del aeropuerto.

<sup>14</sup> Es la utilizada en la aplicación por las características indicadas. No se contempla la aleatoriedad e influencia climática.



ocupan cuando la visibilidad o la nubosidad caen por debajo de las condiciones prescritas para VFR, o cuando la densidad del tráfico aéreo requiere de un control bajo instrumentos, pero estas reglas se pueden aplicar tanto para condiciones VMC como IMC. Cada aeródromo determina e informa en qué condiciones está operando.

### 2.2.5 Espacio físico

En la actualidad el principal problema resulta ser el espacio en los aeropuertos, puesto que una vez aterrizadas las aeronaves deben utilizar áreas de paqueo o mangas de desembarque<sup>15</sup>. Esto genera demoras en aire y en tierra.

### 2.2.6 Tráfico

Uno de los principales problemas del control aéreo está relacionado con la gran cantidad



*Ilustración 5 - Pista de aterrizaje de Gibraltar. Para llegar a Gibraltar es necesario atravesar la pista en vehículo o andando.*

de tráfico existente. Los aeropuertos necesitan tener todos los datos necesarios<sup>16</sup> para poder realizar un aterrizaje. En muchas ocasiones, se han tenido que llevar a cabo retrasos en los aterrizajes debido a errores de cálculo, o a un número elevado de peticiones de aterrizaje, así como las condiciones meteorológicas que también afectan al aterrizaje o despegue.

### 2.2.7 Tiempo atmosférico

Otro grave problema en el control aéreo es el tiempo atmosférico; la lluvia, la nieve, o el hielo en las pistas, pueden dificultar los aterrizajes. En los centros de control, un grave problema son las tormentas, ya que las descargas eléctricas pueden llegar a perjudicar los sistemas, y reducir el rango de alcance de la señal.

---

<sup>15</sup> Este es el motivo por el cual el aparcamiento se asigna de forma y espacio aleatorio, para intentar simular la saturación en pista.

<sup>16</sup> Por ello se dispone de un listado de aviones en tierra `listaAvionesEnTierra` en la clase `torreControl`.



### 2.2.8 Matriculación de los aviones

La matrícula de una aeronave es una serie alfanumérica de caracteres similar a una matrícula de un automóvil. En conformidad con el *Convenio sobre Aviación Civil Internacional (OACI)*, todos los aviones deben estar registrados por la autoridad aeronáutica nacional correspondiente y se debe llevar este registro en forma de un documento legal llamado un *Certificado de Registro* en todo momento durante la operación de la aeronave. La mayoría de los países requieren también que la matrícula se coloque en una placa a prueba de fuego sobre el fuselaje a efectos de una investigación posterior a un accidente donde el avión haya ardido.




Ilustración 6 - Prefijos de matrícula aeronáutica en Europa.

Aunque cada matrícula de las aeronaves es única, algunos países, pero no todos, permiten que esa matrícula pueda volver a utilizarse cuando la aeronave se ha vendido, destruido o retirado.

Todos los países tienen matriculadas sus aeronaves, militares y civiles (algunos por separado como en el caso de España). La primera parte de la matrícula (prefijo) indica país de pertenencia y servicio (cada país tiene asignada su sigla prefijo por convenio internacional), y la última (sufijo), es la identidad de ese avión.



Ilustración 7 - Avión Van's Aircraft RV-7 con matrícula G-KELS. El prefijo «G» indica que está registrada en el Reino Unido.

País	Prefijo	Sufijo
 España	EC	EC-AAA to EC-WZZ
		EC-YAA to EC-ZZZ <i>(aviones de construcción casera)</i>
		EC-AA0 to EC-ZZ9 <i>(ultraligero)</i>
		EC-001 to EC-999 <i>(Prueba y entrega)</i>



## 3 Análisis del problema

### 3.1 Estructura y lógica de la aplicación

#### 3.1.1 Pista (stage):

- Una pista de 30 metros de distancia, con orientación norte, basada en el aeropuerto real de Málaga.
- Almacena el avión que se encuentra en el uso de la misma.
- Dispone de control del estado de ocupación de la pista mediante los estados (`ESTADO_PISTA.LIBRE/OCUPADA`), los métodos: `setEntrarEnPista` y `setTerminaPista`.
- Almacenamiento y gestión de los metros de la pista recorridos por el avión en curso.
- Gestión de la representación gráfica de la pista.

#### 3.1.2 Avión (thread):

- Ha de cambiar la escala según la altura a la que se encuentre.
- Cada avión dispondrá de una etiqueta identificativa con la matrícula del mismo, velocidad y altura.
- La aproximación a pista se realiza tras aceptar la petición a pista. (`ESTADO_AVION.ESPERA_PISTA`)
- Una vez aterrice un avión rodará por la pista hasta la salida de pista con dirección al aparcamiento. (`ESTADO_AVION.ATERRIZANDO`)
- Al llegar al final de pista, el avión pasa a ser remolcado por el carril de aparcamiento. (`ESTADO_AVION.APARCANDO`)
- El aparcamiento (una vez aterrice el avión) será elegido de forma aleatoria. (`ESTADO_AVION.APARCADO`)
- Control y visualización del vehículo de aparcamiento.
- Generación de la matrícula correspondiente a la normativa aérea.



- Gestión de la representación gráfica en todas las fases de vuelo, aterrizaje y aparcamiento.
- Ordenación de la lista de solicitudes a pista, mediante la sobreescritura del método `sort` de la clase base `Arrays`.

### 3.1.3 Torre de control (`pipe`):

- Atiende las solicitudes a pista, tanto de petición como de aceptación de pista.
- Gestiona el almacenamiento de los aviones en vuelo y en tierra.
- Solicita el ordenamiento de la lista de peticiones a pista.
- Decide la aceptación o denegación de solicitud a pista, según los criterios de tiempo de llegada y duración del trayecto.
- Decide la aceptación o denegación de entrada en pista, según los criterios de estado de pista, avión y prioridad.
- Decide la activación o desactivación de los aviones (hilos, *threads*) y el cambio de estados de los aviones.
- Controla el recorrido y estado del avión en pista. Cambia estado según transcurren las fases de utilización de pista.
- Indica el inicio del aparcamiento al avión y remolcador de pista.

## 3.2 Correlación y justificación de la técnica de sincronización de hilos

Según la teoría de sincronización de hilos:

### ***Sincronización de hilos.***

*Cuando dos o más hilos necesitan acceder de manera simultánea a un recurso de datos compartido necesitan asegurarse de que sólo uno de ellos accede al mismo cada vez. Java proporciona un soporte único, el monitor, es un objeto que se utiliza como cerrojo exclusivo. Solo uno de los hilos puede ser el propietario de un monitor en un instante dado. Los restantes*



*hilos que estuviesen intentando acceder al monitor bloqueado quedan en suspenso hasta que el hilo propietario salga del monitor.*

Por ello en el caso de la aplicación, en la clase `torreControl` se encuentran los métodos `peticionPista`, `peticionAterrizaje` y `aterrizar`, con el prefijo `synchronized` que restringe el acceso a un solo objeto a la vez e impide el acceso simultáneo como se puede realizar en situaciones normales.

Esto está a su vez está relacionado con el hecho de que en las comunicaciones radiofónicas cuando varias personas se encuentran en una misma transmisión, no pueden hablar de forma simultánea. Debido a que las transmisiones radiofónicas por vía aérea (como en el caso de la aeronáutica) no es tecnológicamente viable estar transmitiendo (hablando) y al mismo tiempo escuchando (bien a otro o a unos mismo), entonces solo se puede realizar una acción a la vez y tras finalizar la siguiente (este es el hecho de la invención del famoso *corto-y-cambio*, *corto-y-cierro*). Esta ha sido la inspiración de la gestión de estos métodos sincronizados, junto con el requerimiento de que solo puede estar un avión en pista y de esta forma también queda controlado.

No obstante de forma intencionada, si se ha dejado la posibilidad de que de forma simultánea se pueda estar gestionando una entrada a pista y una solicitud a la lista de espera, o bien la entrada de un avión que aún no se encontraba en la lista de espera pero con una mayor prioridad que el que se encontraba con la autorización de entrada a pista aceptada. En el primer caso, es debido a la similitud del uso de varios canales de comunicación diferentes, como se indicaba al comienzo del documento existen varios roles y personas en la torre de control, por ello utilizan diferentes canales (seguro que recuerda el cambio de frecuencia solicitada por la torre de control a los pilotos de un avión en las películas que tratan sobre aterrizajes de emergencia). Y en el segundo he considerado que si un avión tiene retraso se debe permitir el acceso a otros que ya se encuentran en la zona de aterrizaje y preparados para ellos, para posteriormente pasar a la reestructuración del orden de lista.

*Todos los objetos de Java disponen de un monitor propio implícitamente asociado a ellos. La manera de acceder a un objeto monitor es llamando a un método marcado con la palabra clave `synchronized`. Durante todo el*





*tiempo en que un hilo permanezca en un método sincronizado, los demás hilos que intenten llamar a un método sincronizado sobre la misma instancia tendrán que esperar. Para salir del monitor y permitir el control del objeto al siguiente hilo en espera, el propietario del monitor sólo tiene que volver del método*

No se ha realizado la aplicación de esta última técnica, es decir la sincronización de la clase `torreControl` completa o el objeto que la instancie, puesto que se deseaba mantener el acceso simultáneo a las listas de peticiones, ordenaciones y lecturas de datos almacenados.

### **La sentencia `synchronized`**

*La palabra reservada `synchronized` se usa para indicar que ciertas partes del código, (habitualmente, una función miembro) están sincronizadas, es decir, que solamente un subproceso puede acceder a dicho método a la vez.*

Como se indicaba anteriormente, en este caso particular se ha optado por la sincronización mediante métodos por los motivos expuestos en el párrafo anterior.

### **Bloqueos**

*A veces nos interesa que un hilo se quede bloqueado a la espera de que ocurra algún evento, como la llegada de un dato para tratar o que el usuario termine de escribir algo en una interface de usuario. Todos los objetos java tienen el método `wait()` que deja bloqueado al hilo que lo llama y el método `notify()/notifyAll()`, que desbloquea a los hilos bloqueados por `wait()`.*

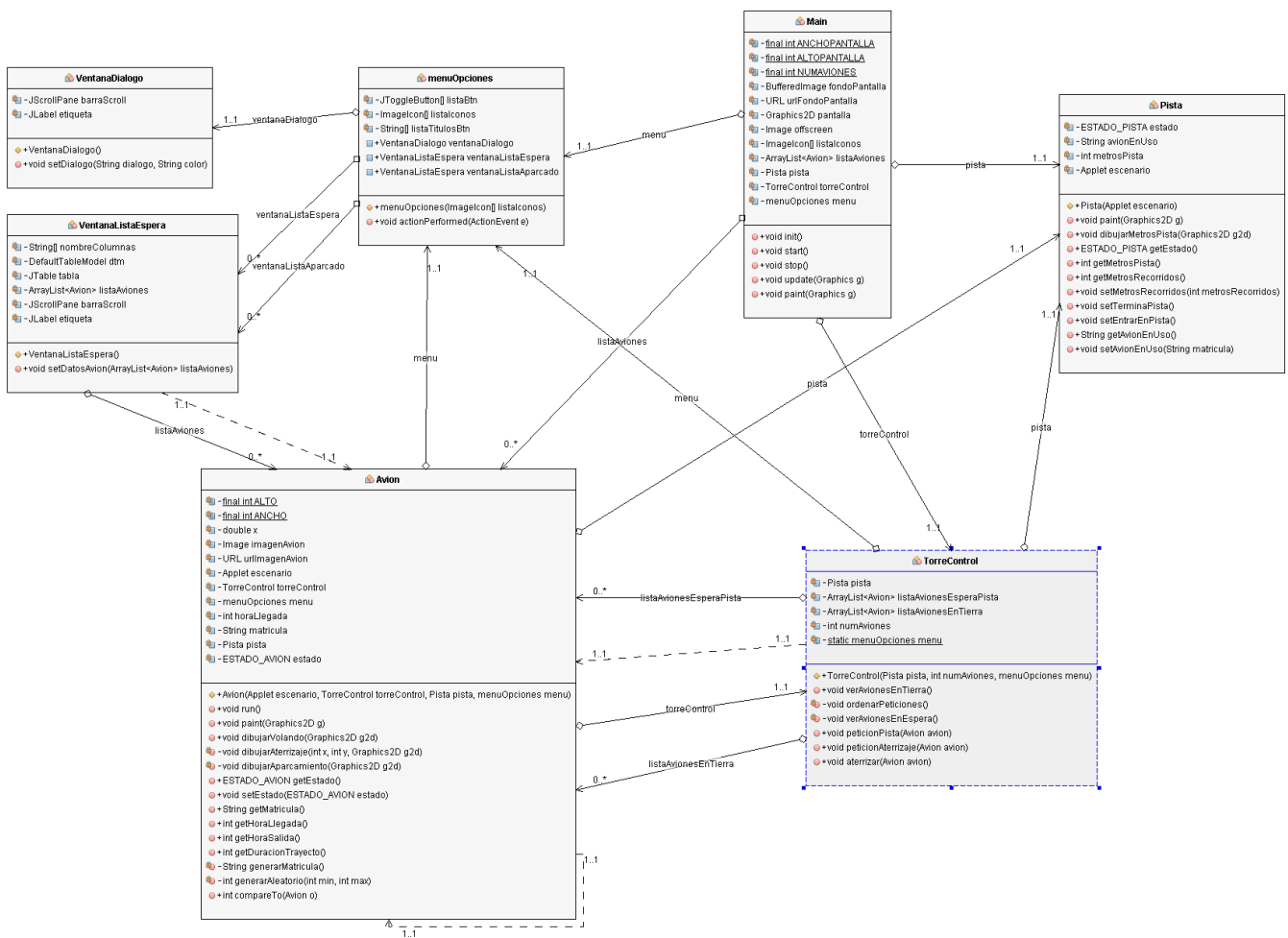
*Para que un hilo se bloquee basta con que llame al método `wait()` de cualquier objeto. Sin embargo, es necesario que dicho hilo haya marcado ese objeto como ocupado por medio de un `synchronized`. Si no se hace así,*



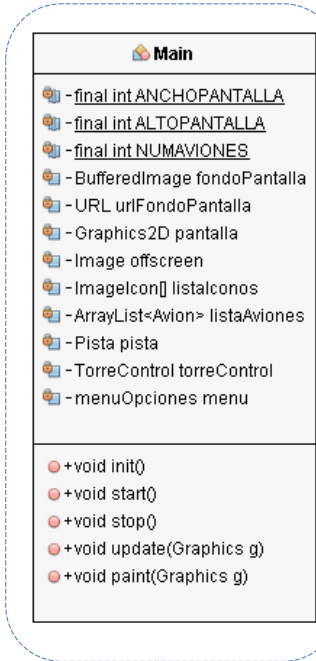
saltará una excepción de que "el hilo no es propietario del monitor" o algo así.

Los dos primeros métodos indicados anteriormente, `peticionPista` y `peticionAterrizaje`, controlan las peticiones a la torre de control y en el caso de denegación activa el método `wait()` de la clase `Thread` para dejar el hilo en el interior del método en estado de suspensión. Posteriormente el hilo que acceda al método `aterrizar` será el que mediante el método `notifyAll()` reactive todos los hilos en suspensión para que cada uno de forma autónoma continúe por la petición y estado que se encontraba.

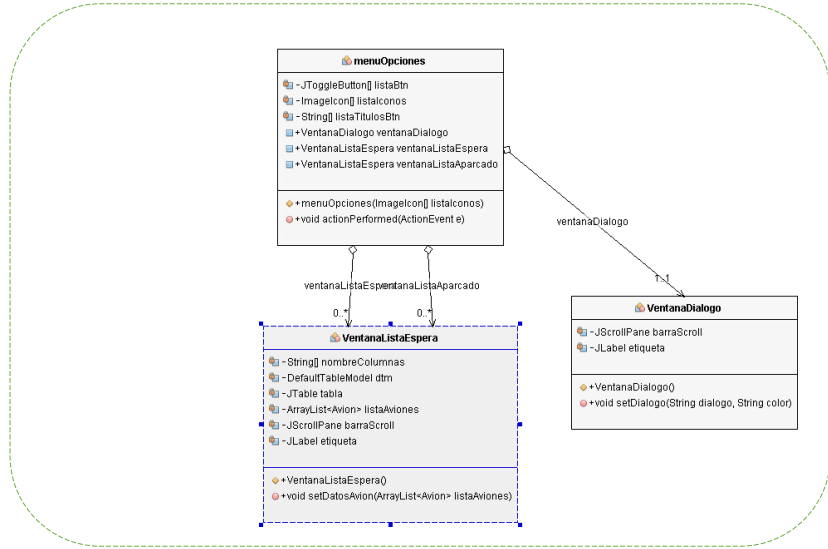
### 3.3 Diagrama de clases



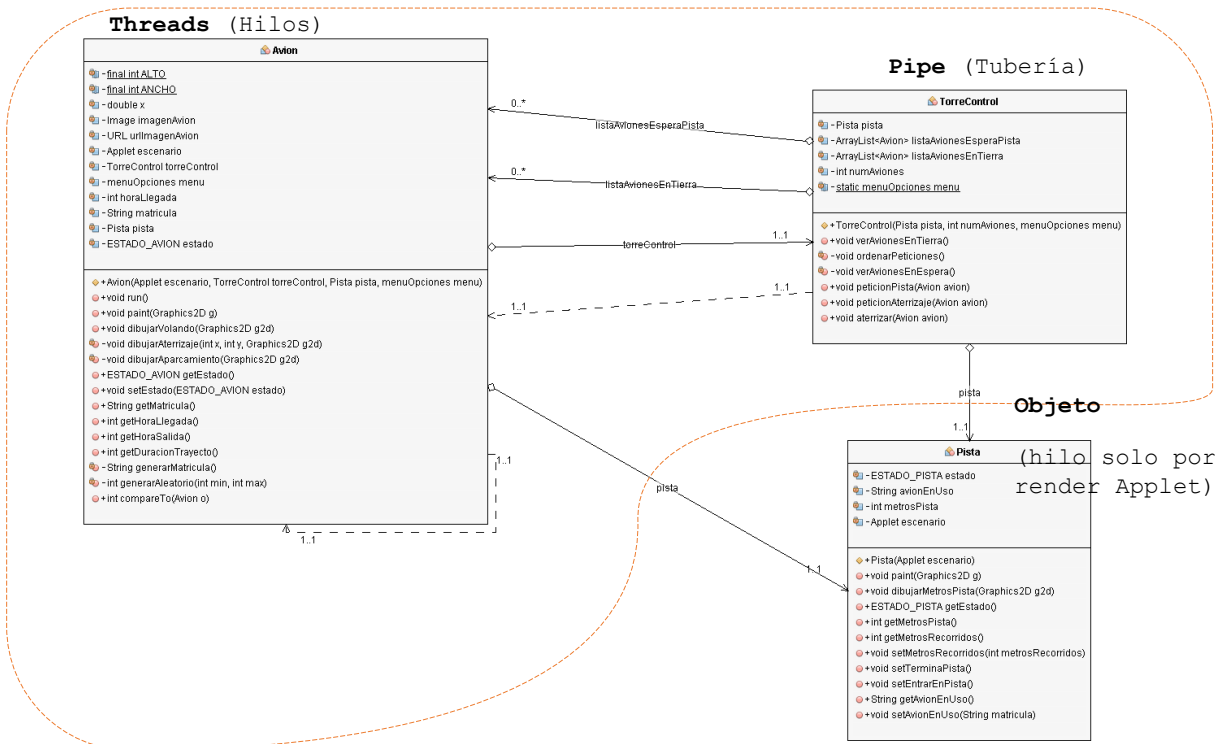
**Inicio** aplicación, constructor de objetos y gestor de la tasa de refresco del applet (FPS)



GUI - Interfaz gráfica



Gestión **sincronización** - Modelo productor/consumidor



## 4 Programación fuente

Se adjuntan, como solución de proyecto para NetBeans 8.0.2 compilación con Java HotSpot(TM) 64-Bit Server VM 25.11-b03.

## 5 Justificación de la solución

Del análisis realizado en apartados anteriores acerca de la problemática que nos ocupa así como de los objetivos a lograr, se desprende que las necesidades de la gestión del control aéreo de un aeropuerto son muy específicas, por lo que la aplicación actual no satisface dichas necesidades.

Es necesario, por tanto, recurrir al diseño personalizado de la aplicación, utilizando para ello un entorno de desarrollo adecuado que facilite la creación de la misma. En este caso particular se ha reducido el número de condicionantes a tener en cuenta para la realización de las asignaciones de estados y autorizaciones a los aviones para así poder gestionarse de la forma más veraz posible mediante la programación con técnicas de sincronización de *threads* (hilos) con Java. La utilización de los estados mediante tipos enumerados, tanto en aviones como en la pistas, se ha considerado la más adecuada por su sencillez y rapidez de implementación, aunque también se ha barajado la posibilidad de realizar un control mediante semáforos, lo cual simplificaría el código y su comprensión por tanto. La pista se ha contemplado como un objeto independiente para mantener la coherencia en el nivel de abstracción seleccionado. Este es el mismo hecho por el cual se han separado los elementos visuales (ventanas de información) para mantener el patrón de diseño lo más cercano al modelo-vista-controlador.

Otro aspecto a tener en cuenta es la estructura en la que se encuentra el proyecto, la cual está pensada en la posterior escalabilidad del mismo, la reutilización de objetos y la incorporación de nuevas funcionalidades. Intentando por este hecho disponer de la mayor parte de elementos dinámicos, como el uso de constantes e instanciación de objetos desde el punto de inicio de la aplicación (*main*).





## 6 Bibliografía

<https://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Calle\\_de\\_rodaje](https://es.wikipedia.org/wiki/Calle_de_rodaje)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Navegaci%C3%B3n\\_a%C3%A9rea](https://es.wikipedia.org/wiki/Navegaci%C3%B3n_a%C3%A9rea)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_del\\_tr%C3%A1fico\\_a%C3%A9reo](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_del_tr%C3%A1fico_a%C3%A9reo)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Matr%C3%ADcula\\_%28aeronaves%29](https://es.wikipedia.org/wiki/Matr%C3%ADcula_%28aeronaves%29)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:C%C3%B3digos\\_OACI\\_de\\_aerol%C3%ADneas](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:C%C3%B3digos_OACI_de_aerol%C3%ADneas)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ley\\_de\\_Navegaci%C3%B3n\\_A%C3%A9rea](https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Navegaci%C3%B3n_A%C3%A9rea)

<http://www.flightradar24.com/36.67,-4.5/14>

[http://www.fomento.gob.es/nr/rdonlyres/5b54ba98-2d15-4a7a-9f6d-2d7fd4cadd05/121634/regcir\\_aerea\\_191113.pdf](http://www.fomento.gob.es/nr/rdonlyres/5b54ba98-2d15-4a7a-9f6d-2d7fd4cadd05/121634/regcir_aerea_191113.pdf)





