



INFORMATIKA  
FAKULTATEA  
FACULTAD  
DE INFORMÁTICA

## Grado en Ingeniería Informática Computación

Trabajo de Fin de Grado

# **Transpilador de un lenguaje de modelado personalizado de sistemas de simulación dinámicos discretos a Python**

Autor

*Baldwin David Rodríguez Ponce*

2022

BORRADOR. Nota: Márgenes del documento dibujados explícitamente.

---

---

--

---

Grado en Ingeniería Informática  
Computación

Trabajo de Fin de Grado

**Transpilador de un lenguaje de modelado  
personalizado de sistemas de simulación  
dinámicos discretos a Python**

Autor

*Baldwin David Rodríguez Ponce*

Directora

María Begoña Losada Pereda

BORRADOR. Nota: Márgenes del documento dibujados explícitamente.

---

---

--

---

---

---

## Tabla de contenidos

<b>1. Gestión del proyecto</b>	<b>1</b>
1.1. Alcance . . . . .	1
1.1.1. Objetivos . . . . .	2
1.1.2. Requisitos . . . . .	3
1.1.3. EDT . . . . .	3
1.2. Metodología . . . . .	4
1.2.1. Trello como herramienta de gestión . . . . .	5
1.3. Estimación de dedicaciones y tareas . . . . .	5
1.3.1. Estimación de dedicación . . . . .	6
1.3.2. Descripción de tareas a realizar . . . . .	6
1.4. Análisis de riesgos y viabilidad . . . . .	10
1.4.1. Análisis de riesgos . . . . .	10
1.4.2. Análisis de viabilidad . . . . .	10
1.5. Sistema de información y comunicaciones . . . . .	10
1.5.1. Sistema de Información . . . . .	10
1.5.2. Comunicaciones . . . . .	11
<b>Bibliografía</b>	<b>13</b>

---

---

--

---

---

---

# CAPÍTULO 1

## Gestión del proyecto

### 1.1. Alcance

El alcance de este proyecto incluye el trabajo necesario para diseñar, implementar y documentar un framework de modelado y desarrollo de simulación de sistemas dinámicos discretos basados en eventos. Dicho framework se dividirá en tres módulos principales:

- **Lenguaje:** Un lenguaje de modelado específico pensado para ser usado por usuarios que no tengan mucha experiencia en programación. Se hará uso de las herramientas de desarrollo de compiladores Flex y Bison para generar un transpilador que traduzca ficheros de este lenguaje a código Python. A través de él se plantea:
  - Permitir la rápida implementación de este tipo de modelos a través de grafos de sucesos.
  - Permitir que el programador del lenguaje se encargue sólo de realizar las implementaciones pertinentes al sistema de simulación que desee desarrollar:
    - Especificación de las variables globales, variables de entrada, contadores estadísticos y medidas de rendimiento propias del modelo.
    - Inclusión de eventos adicionales y sus acciones correspondientes.
    - Creación y eliminación de eventos en función de tiempo y condiciones lógicas.
    - Inclusión de código adicional escrito directamente en Python en caso de ser necesario.
- **Núcleo:** Una serie de módulos que implementarán un microframework de simulación de este tipo de sistemas en específico para Python, pensado para ser usado por programadores y para acotar la traducción del nuevo lenguaje. A través de él se plantea:

Cambiar redacción

Aquí te falta la posibilidad de poner las cosas variables también

- Permitir que la traducción del lenguaje incluya dentro del fichero generado las estructuras de datos, funciones y procedimientos que tienen en común todos los sistemas dinámicos discretos:

- Generadores de datos aleatorios para distintos tipos de distribuciones.
- Reloj y temporizador de simulación para ejecutar los eventos.
- Estructura de datos para almacenar los sucesos según deben ocurrir en el tiempo.
- Las respectivas implementaciones mínimas de los dos eventos que siempre formarán parte de todos los modelos: “Inicio” y “Fin”.
- Generador de informes final que se ejecutará al finalizar la simulación y mostrará los resultados que se deseaban estudiar con ésta.

- **CLI**: Una interfaz de comandos por terminal que se usará para gestionar, configurar y ejecutar los proyectos desarrollados con este framework.

### 1.1.1. Objetivos

#### Objetivo general

Generar un lenguaje de modelado de simulación de sistemas dinámicos discretos basados en eventos junto con un transpilador que lo traduzca a Python, un microframework para acotar la traducción y un CLI para gestionar proyectos desarrollados con este producto.

#### Objetivos específicos

1. Diseñar un nuevo lenguaje de modelado y simulación de sistemas dinámicos discretos basados en eventos usando las herramientas de desarrollo de procesadores de lenguaje Flex y Bison.
2. Diseñar, implementar y verificar una serie de módulos y funcionalidades realizadas en Python con el fin de generar un microframework para simular estos mismos sistemas.
3. Implementar y verificar un transpilador que traduzca el lenguaje del producto a Python usando las características del objetivo anterior.
4. Diseñar, implementar y verificar una serie de operaciones accesibles desde una CLI de cara a ser usadas para la gestión, configuración y ejecución parametrizada de simulaciones realizadas con el producto.
5. Implementar distintas técnicas de análisis de salidas, experimentación y optimización de modelos dentro del núcleo del framework.

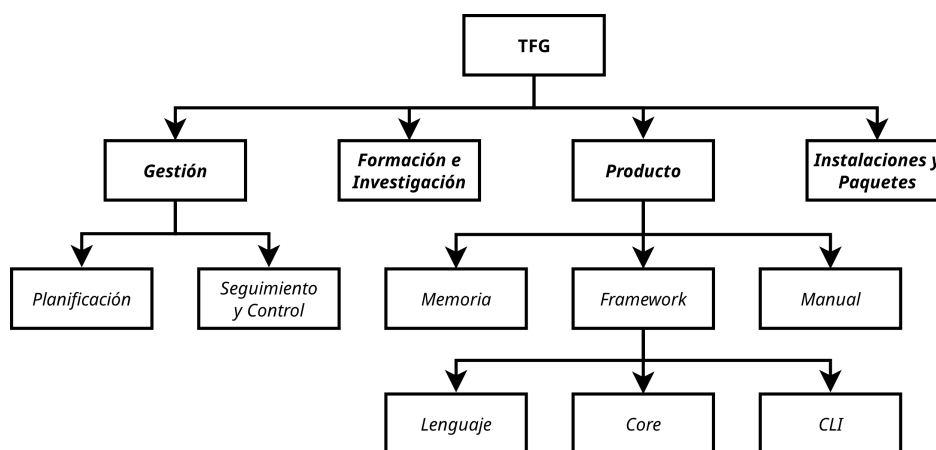


6. Desarrollar un manual de usuario que contendrá toda la documentación necesaria para hacer uso del framework.

### 1.1.2. Requisitos

El requisito base principal del proyecto consiste en cumplir con un tiempo de dedicación total máximo de 300 horas.

### 1.1.3. EDT



**Figura 1.1:** Esquema de Descomposición de Trabajo del Proyecto

### Rama de Gestión

El paquete de trabajo **Gestión (Ge)** contendrá:

- **Planificación (Ge.P):** Este paquete de trabajo agrupará todas las tareas relacionadas a la realización de la planificación y preparación inicial del proyecto.
- **Seguimiento y Control (Ge.S):** Este paquete de trabajo agrupará todas las tareas necesarias para asegurar que el seguimiento del proyecto está realizando como se plantea en la planificación y, en caso de no ser así, controlar las consecuencias de las desviaciones emergentes.

### Rama de Formación e Investigación

El paquete de trabajo **Formación e Investigación (FeI)** contendrá todas las tareas relacionadas con el aprendizaje de herramientas, búsqueda de referencias y recolección de información necesaria para el desarrollo del proyecto.

### Rama de Producto (Pr)

El paquete de trabajo **Producto (Pr)** contendrá todas las tareas relacionadas al propio diseño, implementación y verificación de los entregables principales del proyecto. Podemos desglosarlo en tres paquetes más pequeños:

- **Memoria (Pr.Me):** Este paquete de trabajo agrupará todas las tareas necesarias para la realización de la memoria final del proyecto.
- **Framework (Pr.Fr):** Este paquete de trabajo agrupará todas las tareas relacionadas al desarrollo del framework planteado en el alcance del proyecto. Podemos separarlo en sus tres partes principales:
  - **Lenguaje (Pr.Fr.Le):** Este paquete contendrá todas las tareas relacionadas al diseño y desarrollo del nuevo lenguaje de modelado.
  - **Core (Pr.Fr.Co):** Este paquete contendrá todas las tareas relacionadas al diseño y desarrollo del propio núcleo del framework.
  - **CLI (Pr.Fr.Cli):** Este paquete contendrá todas las tareas relacionadas al diseño y desarrollo de la interfaz de comandos proporcionada para facilitar la gestión de proyectos realizados con el a generar.
- **Manual (Pr.Ma):** Este paquete de trabajo agrupará todas las tareas necesarias para la realización del manual de usuario que se generará para facilitar el uso del producto a desarrollar.

### Rama de Instalación y Paquetes

El paquete de trabajo **Instalación y Paquetes (IyP)** agrupará todas las tareas relacionadas a la preparación del entorno de desarrollo y la instalación de paquetes y dependencias para la realización del producto principal del proyecto.

## 1.2. Metodología

Explicar Kanban

Por último, la gestión del proyecto se realizará siguiendo la metodología de desarrollo ágil Kanban para permitir construir de manera iterativa las distintas funcionalidades del proyecto. Hacer uso del método Kanban para el desarrollo y gestión del proyecto.

Desglosar más lo que es Kanban

### 1.2.1. Trello como herramienta de gestión

#### Significado de las listas

- **Backlog:**
- **To Do:**
- **Doing:**
- **Testing:**
- **Done:**
- **Approved:**

#### Significado de etiquetas

- **Bug:**
- **Bloqueado:**
- **Pendiente:**
- **No aceptada:**

#### Formato de las cartas

### 1.3. Estimación de dedicaciones y tareas

No se puede predecir porque usamos Kanban. Sólo conocemos las fechas finales de entrega.

### 1.3.1. Estimación de dedicación

Paquete	Nombre	Estimación (Horas)
Ge.P	Gestión - Planificación	23
Ge.S	Gestión - Seguimiento	20
FeI	Formación e Investigación	46
Pr.Me	Proyecto - Memoria	46
Pr.Fr.Le	Proyecto - Framework - Lenguaje	44
Pr.Fr.Co	Proyecto - Framework - Core	48
Pr.Fr.Cli	Proyecto - Framework - CLI	21
Pr.Ma	Proyecto - Manual	11
IyP	Instalaciones y Paquetes	11
Contención	Horas de contención	30
Total	Total	300

**Tabla 1.1:** Estimación de tiempos de dedicación por paquetes de trabajo

Explicar que contención no es un paquete de trabajo, pero que es una parte importante de la estimación

### 1.3.2. Descripción de tareas a realizar

Aquí irán todas las tareas realizadas al final del proyecto. Esto no es fijo, surgirán más tareas a lo largo del proyecto (lo cual es aceptable porque la metodología es ágil)

#### Gestión

##### Planificación

1. Definición de la metodología de gestión.
2. Generación de la planificación inicial.
3. Automatización de herramientas de gestión con Trello.
4. Cambios y actualizaciones de la planificación.

##### Seguimiento y Control

1. Recogida de información sobre el desarrollo del proyecto
2. Contraste de la información de seguimiento con los planes, identificación de desviaciones significativas y actuación ante riesgos emergentes.
3. Preparación de documentos de cara a la próxima reunión.
4. Reuniones de fin de iteración

**Formación e Investigación**

1. Investigación y formación sobre la metodología Kanban.
2. Profundización sobre conceptos de simulación de sistemas.
3. Profundización sobre conceptos de compilación.
4. Investigación y formación sobre herramientas de desarrollo de CLIs.
5. Investigación y formación sobre generación de paquetes instalables para Python.
6. Investigación y formación sobre funciones de alto nivel y paquetes relacionados de Python.
7. Investigación sobre lenguajes de modelado y simulación.
8. Investigación sobre antecedentes del proyecto.
9. Exploración de alternativas al módulo de lenguaje.

**Producto****Memoria**

1. Diseño y preparación de la estructura
2. Redacción del resumen
3. Redacción de la introducción
4. Redactar contexto
5. Redacción de la gestión del proyecto
6. Redacción del marco teórico
7. Redacción del desarrollo
8. Redacción de conclusiones
9. Preparación e inclusión de referencias bibliográficas
10. Redacción de anexos
11. Validación y corrección de los índices
12. Maquetación y diseño de la memoria

**Framework****■ Lenguaje:**

1. Diseño del léxico del lenguaje.

2. Diseño de la sintaxis del lenguaje.
3. Diseño de la semántica del lenguaje.
4. Diseño de módulos de cara a la implementación del lenguaje.
5. Implementación del analizador léxico.
6. Implementación del analizador sintáctico.
7. Implementación de la tabla de símbolos.
8. Implementación del análisis semántico.
9. Documentación de los ficheros del lenguaje.
10. Pruebas y verificación del lenguaje.

■ **Núcleo:**

1. Diseño de los módulos y paquetes del núcleo.
2. Implementación de la estructura de datos para almacenar eventos.
3. Implementación del reloj y el proceso de temporización de sucesos.
4. Implementaciones de los procesos de inicialización y finalización.
5. Implementación del generador de informes final.
6. Implementación de distintos generadores de datos aleatorios.
7. Implementación de la inicialización de las variables globales, variables de entrada, contadores estadísticos y medidas de rendimiento para cualquier modelo.
8. Implementación de la inclusión de nuevos tipos de eventos y sus funciones de ejecución correspondientes.
9. Implementación de distintas estrategias de generación y eliminación de eventos dentro de la lista de sucesos.
10. Implementación de la especificación de una función de parada definida por el usuario.
11. Implementación de la funcionalidad de configuración de la simulación.
12. Documentación de los ficheros del núcleo.
13. Pruebas y verificación del núcleo.

■ **CLI:**

1. Diseño de las funcionalidades de la CLI.
2. Implementación del generador de proyectos.

3. Implementación del gestor de configuraciones del proyecto.
4. Implementación del lanzador de modelos de simulación.
5. Documentación de los ficheros de la CLI.
6. Pruebas y verificación de la CLI.

### **Manual**

1. Diseño y preparación de la estructura
2. Redacción de la introducción al producto
3. Especificación de dependencias y requisitos
4. Redacción del proceso de instalación
5. Redacción de la explicación del módulo del lenguaje
6. Redacción de la explicación del núcleo del framework
7. Redacción de la explicación de la CLI
8. Generación de ejemplos de uso
9. Preparación e inclusión de referencias bibliográficas
10. Redacción de anexos
11. Validación y corrección de los índices
12. Maquetación y diseño del manual

### **Instalación y Paquetes**

1. Preparación de paquetes para LaTeX.
2. Preparación del entorno de trabajo.
3. Instalación de paquetes para el desarrollo del lenguaje.
4. Instalación de paquetes para el desarrollo del núcleo.
5. Instalación de paquetes para el desarrollo de la CLI.

## 1.4. Análisis de riesgos y viabilidad

### 1.4.1. Análisis de riesgos

#### Métricas

Probabilidad	Valor	Impacto	Valor	Tipo de Riesgo	Probabilidad x Impacto
Nada probable	0.10	Muy bajo	0.05	Muy bajo	De 0 a 0.04
Poco probable	0.30	Bajo	0.10	Bajo	De 0.05 a 0.09
Probable	0.50	Moderado	0.20	Moderado	De 0.10 a 0.29
Muy probable	0.70	Alto	0.40	Alto	De 0.30 a 0.49
Casi probable	0.90	Muy alto	0.80	Muy alto	Mayor a 0.50

**Tabla 1.2:** Métricas para el análisis de riesgos

#### Tabla de riesgos

Nº	Tipo	Descripción	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo	Respuesta
1	I	Mala gestión del tiempo (falta de tiempo + pérdida de tiempo)	Probable	Alto	Moderado	Replanificar + hacer uso de la agilidad de la metodología
2	E	Problemas de contacto con [directora] (por problemas de conexión, enfermedad, etc. Tanto en el caso del autor como en el caso de la directora)	Poco probable	Bajo	Muy bajo	Replanificar reuniones?
3	I	No entender la metodología de gestión y desarrollo (Kanban)	Probable	Alto	Moderado	Profundizar en la formación de la metodología y generar cambios en el seguimiento y control
4	E	Pérdida de información (se solventa con gestión de versiones + github)	Nada probable	Muy alto	Bajo	Hacer uso de control de versiones para guardar todos los datos. En este caso GitHub.
5	I	Problemas con la integración de herramientas de desarrollo	Muy probable	Muy alto	Muy alto	Buscar alternativas en caso de no poder integrar las herramientas o profundizar en la formación de esta integración para evitar que ocurra
6	I	Análisis incorrecto de los usuarios finales del producto (Piensa en el lenguaje, por ejemplo).	Probable	Alto	Moderado	Reanalizar los perfiles de usuarios objetivos y replantear los productos
7	I	Encontrado un proyecto idéntico (riesgo positivo (o se aceptan o se explotan))	Poco probable	Moderado	Bajo	Buscar una forma de hacer uso de éste, ya sea para integrarlo en el proyecto o para usarlo como formación.

**Tabla 1.3:** Riesgos del proyecto

Tenemos que diferenciar entre riesgos externos e internos

Hay riesgos negativos (que afectan malamente al proyecto) y riesgos positivos (que afectan positivamente al proyecto)

### 1.4.2. Análisis de viabilidad

Considero que el proyecto es viable

## 1.5. Sistema de información y comunicaciones

### 1.5.1. Sistema de Información

#### Estructura

**TFG:** Directorio principal del proyecto. Se divide en:

- **TFG.Proyecto:** Aquí residen los entregables del proyecto.

- **Memoria:** Los ficheros relacionados a la memoria

- **Framework:** Los ficheros relacionados al framework

Aquí debemos explicar la estructura



- **Lenguaje:** Los ficheros relacionados al lenguaje del framework
- **Core:** Los ficheros relacionados al núcleo del framework
- **CLI:** Los ficheros relacionados al CLI del framework
- **Manual:** Los ficheros relacionados al manual
- **TFG.Gestión:** Aquí residen los ficheros relacionados a la gestión del proyecto
  - **Planificación:** Los ficheros relacionados a la planificación
  - **Seguimiento:** Los ficheros relacionados al seguimiento y control
  - **Actas:** Las actas de cada reunión realizada

### 1.5.2. Comunicaciones

- [Reuniones a través de Webex]
- [Comunicaciones para responder dudas a través de email]

---

---

--

---

---

---

## Bibliografía

- Buss, A. (1996). Modeling with event graphs. *Winter Simulation Conference*, 153-160. <https://doi.org/10.1109/WSC.1996.873273>
- Maria, A. (1997). Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation - WSC '97*. <https://doi.org/10.1145/268437.268440>
- Perros, H. G. (2009). *Computer simulation techniques: the definitive introduction!*
- Banks, J. (2010). *Discrete-event system simulation*. Prentice Hall.
- Wainer, G. (2011). *Discrete-event modeling and simulation: theory and applications*. CRC Press.
- MATLAB. (2017a). Understanding Discrete Event Simulation, Part 1: What Is Discrete Event Simulation.
- MATLAB. (2017b). Understanding Discrete Event Simulation, Part 2: Why Use Discrete Event Simulation.
- MATLAB. (2017c). Understanding Discrete Event Simulation, Part 3: Leveraging Stochastic Processes.
- MATLAB. (2017d). Understanding Discrete Event Simulation, Part 4: Operations Research.
- MATLAB. (2017e). Understanding Discrete Event Simulation, Part 5: Communication Modeling.

---

---

--

---