

Capítulo 3

EA International EcosimPro®

En este capítulo se tratarán las características y aspectos fundamentales de la herramienta de simulación EcosimPro®, desarrollada por Empresarios Agrupados Internacional (EAI) y que ha sido empleada para realizar el modelo matemático de parámetros distribuidos del captador solar ubicado en la azotea de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla. Para un conocimiento más profundo sobre su lenguaje de programación y funcionamiento consultar en [2] y [3].

3.1. Introducción

EcosimPro® es una potente herramienta para el **modelado y simulación de sistemas dinámicos híbridos, es decir, sistemas continuos y discretos que se puedan modelar mediante un conjunto de componentes complejos representados por ecuaciones algebraico-diferenciales**. La herramienta ofrece grandes capacidades para el modelado y simulación basadas en más de veinte años de experiencia en la simulación de sistemas complejos.

EcosimPro® abarca un amplio rango de disciplinas en ingeniería: simulación, programación orientada a objeto y diseño de modernos interfaz de usuario.

Normalmente los ingenieros emplean un 80% de su tiempo en el desarrollo de la programación, mientras que tan sólo el 20% restante es empleado en el modelado, tratando frecuentemente con un amplio rango de campos que se escapan a su especialización. El principal objeto de diseño de EcosimPro® es invertir esta situación, permitiendo al ingeniero emplear el 80% de su tiempo en el modelado físico y sólo el 20% en la programación. Para ello, EcosimPro® se encarga internamente de tareas tan complejas como ordenamiento de ecuaciones, simplificación del modelo matemático y resolución de los sistemas de ecuaciones lineales y no lineales.

EcosimPro® presenta su propio lenguaje de programación, EL. La principal ventaja que aporta este lenguaje es que resulta tremendamente intuitivo para el ingeniero, permitiendo un aprendizaje sencillo y rápido. Por ejemplo, las ecuaciones son escritas prácticamente de la misma forma que en el álgebra. Además incorpora los últimos avances en tecnología de programación como encapsulación, tipos de datos enumerados, herencia múltiple, arrays multidimensionales etc. Todo esto, permite al ingeniero reutilizar fácilmente componentes existentes, probarlos y construir nuevos componentes a partir de los anteriores.

ECOSIMPRO® permite representar sistemas que engloban muy diversos fenómenos físicos como flujo de fluidos, reacciones químicas, controles digitales o analógicos, etc.

La herramienta permite dos formas de modelado: mediante el lenguaje propio de la aplicación EL, o de forma gráfica.

La interfaz gráfica de usuario de EcosimPro® resultará familiar para cualquier usuario de entornos de desarrollo bajo Microsoft Windows, especialmente Microsoft Visual C++. Se trata de un entorno de desarrollo visual e intuitivo en el cual, el modelador puede crear de forma rápida y sencilla nuevos componentes, librerías, ficheros de simulación, etc.

EcosimPro® es una herramienta abierta a diferencia de otros entornos de simulación que son de dominio específico, contando ya con librerías desarrolladas para múltiples dominios. Además, es muy fácil su extensión añadiendo nuevas librerías de componentes específicos escritos en el lenguaje de modelado de EcosimPro®. Incluso se pueden reutilizar subrutinas adicionales escritas en FORTRAN, C o C++ que son llamadas de forma sencilla desde el lenguaje propio de EcosimPro®.

EcosimPro® puede ser empleado para estudiar:

- Comportamientos transitorios
- Estados estables de modelos
- Estudios paramétricos
- Complejos experimentos usando funciones de FORTRAN, C o C++, etc.

Más de 50.000 horas de trabajo han sido invertidas en el desarrollo de EcosimPro®, financiadas principalmente por la propia empresa propietaria (EA International) y por la European Space Agency (ESA).

EcosimPro® ha sido probado y testeado en diferentes campos bajo las más críticas y exigentes condiciones.

Podemos concluir que EcosimPro® supone un salto cuantitativo importante en las labores de ingeniería, ya que se trata de una herramienta que permite de manera rápida resolver problemas de simulación matemática de gran complejidad.

3.2. Características fundamentales

A continuación se resumen algunos aspectos y características fundamentales de EcosimPro® que dan una idea aproximada del potencial de esta herramienta.

3.2.1. Modelado continuo y discreto

EcosimPro® es una herramienta matemática para **el modelado y simulación de sistemas dinámicos representados por ecuaciones diferenciales y/o algebraicas que añade un aspecto importante a destacar y es la introducción y manejo de eventos discretos**. Esta capacidad lo diferencia del resto de simuladores comunes que poseen resolvedores matemáticos para ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO).

EcosimPro® permite modelar sistemas con ecuaciones tanto algebraicas (por ejemplo un sistema de ecuaciones con incógnitas), como diferenciales (compuestas por variables derivadas respecto del tiempo). En este sentido **EcosimPro® sólo requiere el planteamiento de las ecuaciones**. Existe un manejador simbólico de ecuaciones que automáticamente establece las variables desconocidas y oferta un conjunto de variables de contorno, así como trata de determinar posibles singularidades que afecten a la resolución de las ecuaciones.

Sin embargo un sistema físico real no sólo requiere de ecuaciones continuas. Por ejemplo, una pelota que bota en el suelo puede simularse usando ecuaciones continuas, pero estas ecuaciones cambian cada vez que la pelota alcanza el suelo. Esto es un evento que debe ser tratado por el simulador. EcosimPro® permite incluir este tipo de comportamientos y trata correctamente las interacciones entre la parte discreta de los componentes y la parte continua.

El concepto más importante en EcosimPro® es el de **componente**. Cada componente contiene habitualmente dos partes diferenciadas: una continua que modela el comportamiento dinámico y otra parte que se encarga de atender la ocurrencia de eventos discretos.

3.2.2. Modelado orientado a objeto

Una de las características más importantes de EcosimPro® es el empleo de modelado orientado al objeto: **cada componente puede estar formado por otros componentes más sencillos y un componente puede heredar las características de otro componente perteneciente a una clase más general**. De esta forma, un usuario puede modelar componentes como un tanque de agua, una bomba, una válvula, una tubería, etc. cada uno con las variables que se intercambien entre ellos (dominio público) y con las variables y ecuaciones propias que los rigen (dominio privado), y posteriormente, otro usuario puede modelar un nuevo sistema más complejo, sirviéndose de esos componentes más sencillos ya creados. EcosimPro® se encargará de extraer las ecuaciones del conjunto, ordenarlas y resolverlas numéricamente librando completamente al usuario final de calcular el modelo matemático completo del sistema y evitando así tener que recurrir a resolvedores programáticamente.

Los objetivos de la técnica de modelado orientado a objetos son: ocultar la complejidad de los diferentes subsistemas utilizados en diferentes fases del modelado, la reutilización de subsistemas previamente modelados y finalmente crear modelos que sean independientes y fáciles de mantener.

El procedimiento de modelado seguirá un esquema de abajo hacia arriba. Esto es, partiremos de una librería de componentes básicos para diseñar componentes más complejos mediante dos estrategias:

- Herencia de características de componentes ya existentes.
- Instanciación y conexión de componentes ya existentes.

Las características típicas del modelado orientado al objeto son: encapsulación, herencia y agregación.

La **encapsulación** establece un mecanismo para aislar la complejidad de un componente y además se crea un interface para comunicarnos con el componente. La conexión entre componentes se realiza mediante un elemento especial denominado **puerto**. La definición del puerto, incluye tanto las variables que se van a intercambiar como las restricciones y comportamientos de las variables en la conexión. Las características de cada componente (parámetros) se acceden mediante los denominados datos públicos.

La **herencia** permite que las ecuaciones y datos de los componentes progenitores sean heredados por los componentes hijos, que a su vez pueden incluir nuevas ecuaciones y datos propios. EcosimPro® permite la herencia múltiple, esto es, se pueden heredar características de uno o más componentes que han sido previamente diseñados.

La **agregación** permite que un componente pueda contener múltiples instancias de otros componentes conectados entre si. Este concepto se puede aplicar iterativamente sin límite.

3.2.3. Adaptabilidad de EcosimPro®

EcosimPro® presenta una gran adaptabilidad que permite al usuario reducir su tiempo de trabajo reutilizando desarrollos ya realizados anteriormente simplemente adaptándolos a sus necesidades actuales. En esta sentido, se pueden reutilizar librerías enteras de componentes pertenecientes a diferentes campos (fluidos, control, química, etc.) que sean útiles para un sistema concreto aprovechando los componentes existentes en la librería e incluso añadiendo nuevas funcionalidades a los mismos que sirvan a un nuevo propósito u objetivo.

También se pueden reutilizar y adaptar códigos o subrutinas que se encuentren desarrolladas en otros lenguajes de programación como FORTRAN o C++. Los componentes creados en lenguaje EL, son similares a las clases creadas en C++ o Java.

La adaptabilidad de EcosimPro® permite que todo modelo creado (ya sea directamente a través del propio lenguaje EL o por medios de otros lenguajes de modelado) sea un nuevo componente que pueda basarse en componentes anteriores y a su vez ser reusado por cualquier componente futuro.

Como ejemplo en el campo eléctrico, podríamos citar una librería de componentes compuesta de resistencia, condensador, bobina, fuente de alimentación, tierra, etc. Con la combinación de estos componentes sencillos se podría crear un nuevo componente más complejo como un rectificador, el cual a su vez puede ser utilizado como una única entidad en nuevos circuitos.

3.3. Aplicaciones de EcosimPro®

EcosimPro® se puede aplicar para modelar cualquier problema que pueda plantearse a través de ecuaciones diferenciales y/o algebraicas con la posibilidad de inclusión o no de eventos discretos. Esto permite que EcosimPro® tenga cabida en una gran variedad de campos como control térmico, sistemas hidráulicos, química, sistemas eléctricos, etc.

Seguidamente se citan algunas áreas de aplicación en las que se trabaja con EcosimPro® actualmente, así como los sistemas en los que se aplica y las tecnologías involucradas:

Principales aplicaciones con EcosimPro®		
ÁREA	SISTEMA/ CLIENTE	Tecnologías involucradas
Espacial	Sistemas de soporte de vida y control ambiental	Fluidos Transferencia de masa y calor Reactores químicos Control
	Control térmico de satélites	Transferencia de calor Ciclos termodinámicos Control
Energía	IBERDROLA: - Balances de energía. - Simulación dinámica (estudios transitorios) - Ajuste y optimización de controles	Fluidos Transferencia de masa y calor Reactores químicos Control Criogenia
Defensa	Sistema de defensa anti-misiles Sea Skimmer: - Trayectoria $x \dot{x} \ddot{x}$ - Configuración de control - Criterios de éxito	Cinemática y dinámica Warheads Sistemas de control servo
Transporte y logística	AENA: tráfico de pasajeros en terminal aérea: - Flujos de pasajeros en espacio y tiempo - Media de proceso y tiempos de conexión para diferentes clases de pasajeros - Evolución temporal de elementos de proceso necesarios: mostradores de facturación, controles, trenes, recogida de equipajes, etc.	Teoría de colas Optimización por asignación/supervisión de recursos
	AENA: manejo automático de equipaje: - Flujos medios y tiempos de manipulación de equipaje - Diferentes esquemas de control - Recursos (espacio disponible y horas de trabajo) para operación - Funcionamiento defectuoso (bajo fallos) - Estudios de sensibilidad (capacidad y diseño de márgenes)	Teoría de colas Optimización

Transporte y logística (cont.)	EXEL-LOGISTIC: almacenamiento y distribución de mercancías: - Niveles de ocupación de almacén - Recursos necesarios (espacio disponible, máquinas, personal) para operación - Funcionamiento bajo fallos	Teoría de colas Optimización
Tratamiento de residuos	Grupo Técnicas Reunidas: - Técnicas de procesamiento - Metalurgia acuosa - Recuperación de metales pesados - mediantes efluentes líquidos	Lixiviación Cementación Filtros Intercambiadores de calor

Tabla 4. Principales campos de aplicación de EcosimPro®

3.4. Funcionamiento de EcosimPro®

En este apartado se describirá el funcionamiento básico de EcosimPro® necesario para modelar y simular un sistema, sin entrar en aspectos más profundos como el funcionamiento matemático que existe detrás (resolución simbólica de sistemas de ecuaciones lineales, detección y corrección de problemas de alto índice, selección de condiciones de contorno, etc.) y que sin duda es necesario aprender a medida que el usuario va adquiriendo un mayor grado de conocimiento de la aplicación.

En primer lugar, se tratarán los conceptos claves que hay que conocer para trabajar con EcosimPro®, y posteriormente se detallarán los pasos necesarios para realizar la implementación y simulación de un modelo genérico.

3.4.1. Conceptos básicos

En EcosimPro® existen una serie de conceptos fundamentales que es necesario conocer y a continuación explicaremos brevemente:

- **COMPONENTE:** es elemento más importante de EcosimPro®. Un componente representa el modelo de un sistema o parte del mismo por medio de constantes, variables, ecuaciones algebraico-diferenciales, topología, puertos y eventos discretos. Es el equivalente al concepto de “clase” en la programación orientada a objetos.

Los puertos (PORTS) como veremos a continuación, representan el intercambio de variables del componente con otros. La topología (TOPOLOGY) permite realizar la conexión entre los componentes comprobando que sea la correcta al establecer un camino cerrado entre ellos de forma que no quede ningún puerto sin conectar. Las ecuaciones y eventos discretos se incluyen en la secciones CONTINUOUS y DISCRETE respectivamente. Además, existe la posibilidad de inicialización del componente a través de secuencias incluidas dentro del bloque INIT.

Otro aspecto importante de un componente es la **distinción entre su dominio público y privado**. La interfaz pública del componente viene dada por las

variables transmitidas por los puertos que lo conectan con el exterior, los parámetros de construcción y los datos públicos de la sección DATA. Estos elementos son únicos y son visibles durante la realización de los modelos. El dominio privado de cada componente viene definido por las variables declaradas en el bloque DECLS. No se puede acceder a los valores de estas variables desde otro componente. La encapsulación del componente determina esta característica. La interface, esto es el modo de comunicar al componente con el exterior se realiza por tanto mediante los puertos y los datos públicos de la sección DATA.

La complejidad de un componente puede variar mucho, desde una tubería hasta el comportamiento de un motor de propulsión. Empezando por componentes básicos, se puede crear uno más complejo. Las vías para realizarlo son las siguientes:

- Extensión por **herencia** de otros componentes. Este aspecto ya ha sido abordado anteriormente en el apartado 3.2.2. y básicamente se resume en que un componente se puede derivar de otro mediante la directiva IS_A. También es posible la creación de componentes abstractos a través de la directiva ABSTRACT que pueden ser empleados como base para otros componentes más complejos que compartan cierto funcionamiento.
- **Conexión de componentes existentes.** Se puede crear a través del bloque TOPOLOGY o empleando la interfaz gráfica de la aplicación.
- **Encapsulación.** El comportamiento y datos de un componente quedan incluidos en el propio componente. Un componente puede albergar múltiples componentes en su interior.

Por último comentar que los componentes pueden ser parametrizados para aplicarse a diferentes situaciones. De esta forma, al instanciar el componente se podrá configurar los parámetros del mismo para adaptarlos a cada situación concreta. Por ejemplo, se pueden fijar las dimensiones de un vector dinámico, determinar una composición química o incluso existe la posibilidad de tener o no en cuenta determinadas ecuaciones en función de los parámetros pasados al componente.

- **PUERTO:** es el punto de conexión de un componente y el exterior. Define el conjunto de variables que son intercambiadas en una conexión a través del puerto así como el comportamiento y las restricciones en dichas variables cuando se establece una conexión de más de dos puertos. Por ejemplo, una conexión de tipo eléctrico usa como variables de intercambio el voltaje y la intensidad. El puerto de conexión no trata ambas variables de forma individual, sino que las gestiona conjuntamente y teniendo en cuenta las restricciones de cada una y ecuaciones de conexión. En este caso, conservación de la intensidad e igualdad de tensión en el puerto.

Todos los puertos deben de tener asignado **un sentido de entrada o de salida**. Además, todas las variables que se encuentran dentro de esta estructura son públicas, lo que es de gran utilidad para el modelado de sistemas.

Los puertos han de declararse de manera independiente al comienzo de la librería para posteriormente poder incluirlos dentro del cuerpo de aquellos componentes que los implementen.

- **PARTICIÓN**: define el modelo matemático asociado a un componente. Para simular un componente primero es necesario definir la partición asociada al mismo. La partición define la causalidad del modelo final.

Una vez se ha creado la partición de un componente es necesario realizar una validación de la misma, mediante la cual se comprueba la integridad del modelo matemático creado. En este sentido, se pueden realizar hasta cuatro operaciones distintas en esta estructura para la creación del modelo matemático:

- Determinación de las variables sobre las que se impondrán las **condiciones de contorno** si el número de variables es superior al de ecuaciones (el establecimiento de las mismas se realizará en el experimento).
- Resolución de **lazos algebraicos**. Cuando EcosimPro® detecta en nuestro modelo matemático la existencia de lazos algebraicos de tipo no lineal, identifica las variables intervinientes en el lazo (acopladas) y solicita al usuario que seleccione una de ellas para considerar como variable algebraica de forma que el lazo quede roto. El papel de la nueva variable algebraica significa que se supone que su valor es conocido (se le asigna un valor). Una vez se han asignado valores a las variables algebraicas se calcula el resto de las variables. Como el valor asignado a las variables algebraicas no tiene por qué ser correcto, existirá un error en el cálculo de las variables que lleva a que algunas ecuaciones del lazo no den un valor correcto. A esta última diferencia se le denomina resto. El proceso es iterativo. El algoritmo trata de disminuir el valor del resto asignando un nuevo valor a la variable algebraica.
- Selección de **variables de estado** para la resolución de problemas de alto índice. Un problema de alto índice sucede cuando aparecen variables dinámicas con dependencia mutua, es decir, la integración de una de las variables conlleva un cálculo donde intervienen las derivadas de otras. La derivada de las variables aparece en la formulación y debe ser calculada por el algoritmo de integración. Este problema puede ser solucionado por el resolvidor numérico de ecuaciones diferenciales directamente o puede ser necesario manipular las ecuaciones y cambiar su forma. Sin entrar en más detalles, en este último caso. EcosimPro® pedirá al usuario que

seleccione de entre las variables de estado propuestas un número de ellas que le permita resolver correctamente el problema de alto índice.

- Elección y cambio de constantes para la realización de **simulaciones paramétricas**. En la partición podemos seleccionar qué constantes de nuestro modelo queremos que actúen como parámetros en la posterior simulación del experimento para poder realizar así estudios de nuestro modelo ante cambios en determinados parámetros.

Todas las acciones indicadas anteriormente son guiadas por la aplicación mediante el uso de asistentes que ayudan al usuario en la realización de la partición del modelo. También existe la posibilidad de que sean realizadas automáticamente por EcosimPro®, siendo éste el que tome las decisiones en cuando a la elección de las variables de estado, condiciones de contorno y ruptura de lazos.

Es necesario aclarar que los resultados que arroje el modelo matemático podrían diferir considerablemente dependiendo de la selección de variables que se realice. Aunque EcosimPro® sugiere un conjunto de variables algebraicas, de contorno y de estado, este no tiene por qué ser el mejor, por lo que el usuario puede seleccionar su propio conjunto. Es la experiencia y el conocimiento del problema por parte del usuario la base para realizar una buena selección de variables.

Un componente puede tener asignada más de una partición. Por ejemplo, si un componente tiene varias condiciones de contorno diferentes, dependiendo del conjunto de variables seleccionadas, éstas producen una partición o modelo matemático diferente.

- **EXPERIMENTO:** los experimentos llevados a cabo para cada partición de un componente representan los diferentes casos de simulación sobre el mismo. En EcosimPro® existe una clara distinción entre modelo y experimento. La intención de esta separación es permitir que el usuario pueda realizar experimentos sobre modelos ya existentes como si los realizara sobre el sistema real sin necesidad de tener un conocimiento profundo del interior del modelo.

Mediante el lenguaje EL de EcosimPro® podemos definir el modo en el que se simulará el modelo. En este lenguaje se pueden especificar parámetros de simulación, inicializar datos, especificar como se presentan los resultados, etc.

En un experimento típico de EcosimPro® podemos encontrar cuatro bloques opcionales:

- DECLS: Declaraciones de variables locales del experimento.
- INIT: Valores iniciales de variables dinámicas o algebraicas incluidas en lazos algebraicos no lineales.

- **BOUNDS:** Expresiones matemáticas asociadas a variables de contorno dadas en la partición. Existen funciones de excitación que permiten imponer como condiciones de contorno formas de ondas típicas como un pulso, una rampa, etc.
- **BODY:** Instrucciones secuenciales que definen el experimento (instrucciones del tipo if-then-else, for, while, etc.). También hay funciones especiales que permiten realizar la integración del modelo, calcular estados estacionarios, etc.

A parte de todo lo especificado en los puntos anteriores, en el experimento también es necesario establecer **los parámetros que controlan la simulación**. Entre ellos podemos destacar:

- **TIME:** El tiempo de integración actual. Podemos cambiar esta variable y comenzar la integración en un tiempo diferente de 0.
- **TSTOP:** El tiempo final. La integración termina en este tiempo de simulación. Esta variable puede modificarse en el experimento.
- **CINT:** Se denomina intervalo de comunicación. Indica cada cuanto tiempo se almacenan datos de las variables simuladas.
- **IMETHOD:** Esta variable permite cambiar de un método numérico de integración a otro. EcosimPro® tiene tres métodos: DASSL_DENSE, DASSL_SPARSE y RK4 (Runge Kutta 4 4).

En EcosimPro® se pueden realizar experimentos triviales como por ejemplo el cálculo de un estado estable o experimentos realmente complejos con múltiples estados y transitorios utilizando las funciones que proporciona el programa y en las que no vamos a entrar.

Para obtener los resultados de las simulaciones se pueden emplear funciones del programa como REPORT_TABLE, la cual crea un informe en forma de tabla con los valores que toman a lo largo de la simulación las variables que se le pasen como parámetros, o bien emplear la interfaz gráfica o monitor de experimentos en el que seleccionamos de forma gráfica las variables que nos interese mostrar.

- **LIBRERÍA:** Los objetos de modelado de EcosimPro® se agrupan en librerías. En cada fichero de texto donde se especifica el modelo, se pueden definir uno o varios objetos. Al compilar el fichero de texto, estos objetos pasan a pertenecer a la librería.

En una librería se pueden encapsular funciones (FUNCTION), puertos (PORT), componentes (COMPONENT), así como variables y tipos de enumeración globales, almacenándose en un archivo .el de texto plano sin formato.

En EcosimPro® se han desarrollado gran cantidad de librerías relativas a distintos campos como pueden ser los fluidos o eléctricos. Además, se pueden añadir nuevas librerías desarrolladas por uno mismo de manera relativamente fácil. Las distintas librerías no son independientes entre sí, pudiendo interactuar elementos que pertenecen a otras librerías en un modelo cualquiera. Para ello, dentro de un fichero de definición es necesario utilizar al principio la sentencia USE seguida del nombre de la librería. A partir de ese momento, es posible utilizar los objetos de otra librería en nuestro modelo.

3.4.2. Implementación y simulación de un modelo

Para implementar un modelo en EcosimPro® y simularlo, es necesario seguir una serie de pasos que se detallarán a continuación y que se pueden observar en el diagrama de la página siguiente (Ilustración 10).

El primero de ellos es la **creación de una librería**. Este paso puede desaparecer si para implementar nuestro modelo utilizamos componentes de otras librerías predefinidas que ya han sido desarrollados dentro de las mismas (reusados).

El segundo paso es la generación y modelado de los objetos que van a formar parte de nuestra librería y que serán necesarios para la implementación de nuestro sistema. Estos objetos pueden ser componentes, funciones, puertos, constantes y variables de tipo abstracto como los tipos enumerativos. **Hay dos formas de generar estos objetos: a través de la interfaz gráfica de la aplicación o mediante el empleo del lenguaje EL.** Si el componente ha de ser definido desde cero será necesario crearlo mediante un fichero de texto en lenguaje EL desarrollado por el usuario. Por el contrario, si el componente está basado en otros componentes más básicos predefinidos es más sencillo emplear la interfaz gráfica para instanciarlos, conectarlos a través de sus puertos y crear así el nuevo componente deseado. Los puertos definen las variables que rigen su comportamiento y sus variables para la conexión y las posibles restricciones en caso de haber conectados más de dos puertos. Una vez el usuario ha efectuado las conexiones, el programa automáticamente introduce las ecuaciones relativas a las distintas conexiones, librando de esta tarea al usuario. Es decir, el usuario sólo tiene que definir el comportamiento interno del objeto, no de las conexiones que pueda tener.

EcosimPro® es jerárquico en el sentido de que los modelos pueden tener también puertos y así se pueden unir a otros componentes para crear componentes más complejos. Los componentes pueden heredar comportamiento de otros componentes, lo que permite la reutilización de procesado y código de prueba de los componentes principales.

Una vez que hemos generado el componente deseado, es **necesario compilarlo para agregarlo directamente a la librería correspondiente.**

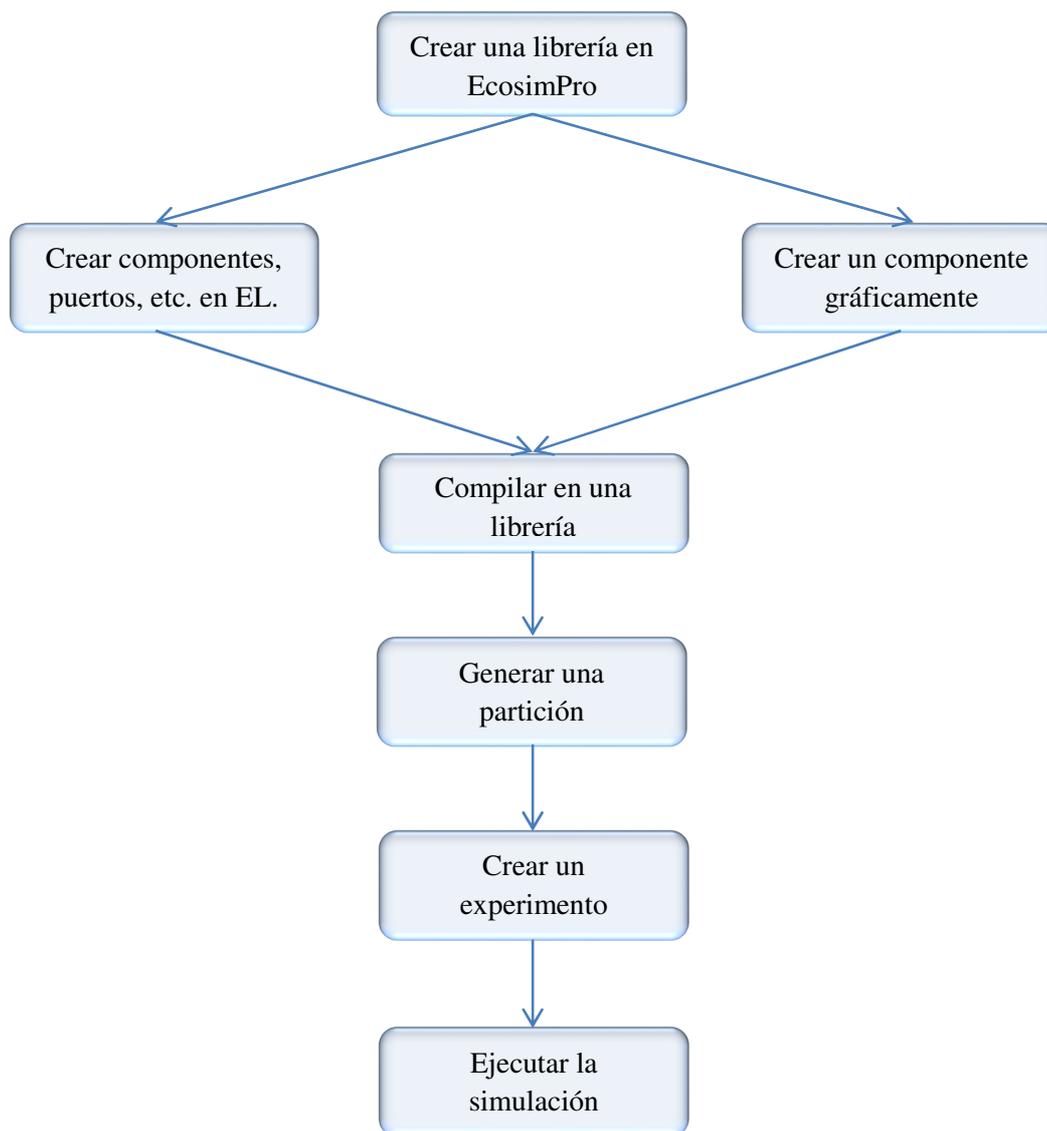


Ilustración 10. Pasos para la implementación y simulación de un modelo en EcosimPro

El siguiente paso es la creación de una **partición** para nuestro modelo. La partición reflejará el modelo matemático asociado al sistema que se tendrá en cuenta para la posterior realización de los experimentos. Ésta puede realizarse de manera automática por la aplicación eligiendo la opción “**partición por defecto**”, o bien puede ser creada por el propio usuario a través de los diferentes asistentes que EcosimPro® pone a su disposición para la generación de la misma. En este último caso, habrá que realizar las elección de variables algebraicas (ruptura de lazos), variables de estado y condiciones de contorno comentadas en el apartado 3.4.1., de acuerdo con nuestro conocimiento del modelo que nos vaya solicitando EcosimPro® a través de los asistentes. Si elegimos la opción “partición por defecto” será EcosimPro® quién tome de forma automática estas decisiones.

A partir de la partición se pueden crear todos los experimentos que se deseen sobre la misma. En el **experimento** definimos las condiciones generales y de contorno

necesarias para nuestro modelo matemático (según la definición de la partición que hayamos realizado).

El último paso es hacer **correr la simulación**. Ésta igualmente se puede realizar de dos maneras: mediante el modo de proceso por lotes, en el cual los resultados se vuelcan a un fichero de texto en formato de tabla, o bien de manera visual mediante la ejecución del Monitor de experimentos, en el que los resultados se expresan directamente de forma gráfica.