

METODOLOGÍA BASADA EN SYSML Y MODELICA PARA LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN

Sergio Benavent Nácher, Fernando Romero Subirón, Pedro Rosado Castellano

Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño. Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, (España).

E-mails: benavens@uji.es, fromero@uji.es, rosado@uji.es

INTRODUCCIÓN

La elevada complejidad de los sistemas de fabricación actuales hace necesaria la adopción de los principios de la Ingeniería de Sistemas Basados en Modelos (MBSE). En este enfoque los modelos de simulación, descriptivos o de ejecución, son fundamentales en todos los procesos de toma de decisión de sistema de fabricación, si bien en este trabajo nos centraremos en las fases de diseño del sistema, en concreto el Modelado y Simulación Temprana (Figura 1).

En este contexto, resulta fundamental la adopción de metodologías bien fundadas para que el proceso de definición, transformación y ajuste de los diferentes modelos de simulación sea eficiente y eficaz. Sin embargo, tal y como se indica en [Galland], es poco frecuente que el desarrollo de estas herramientas de simulación esté apoyado en una metodología concreta. El presente trabajo pretende cubrir esta carencia definiendo la metodología SSM (methodology for Simulation System Modelling), desarrollada con el objetivo de soportar la construcción de modelos de simulación ejecutables y multi-dominio para sistemas complejos, como es el caso de los sistemas avanzados de fabricación, y basada, como veremos más adelante, en la utilización sinérgica de dos lenguajes orientados a objetos: SysML y Modelica.

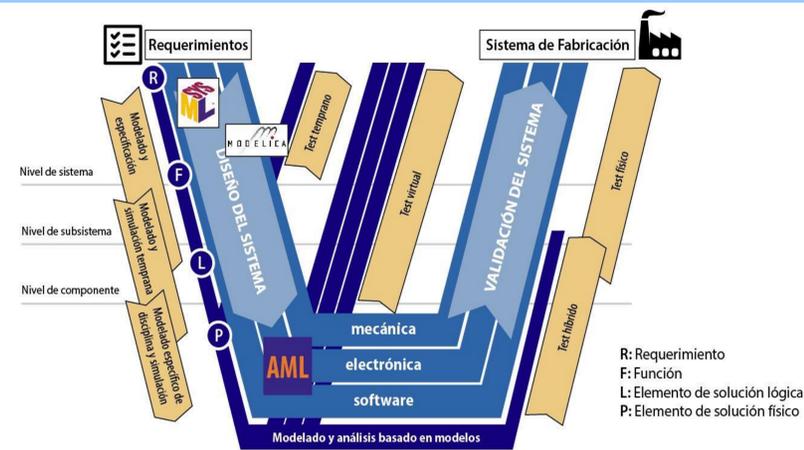


Figura 1. Modelo en V aplicado a sistemas de fabricación basado en [Eigner].

DESARROLLO

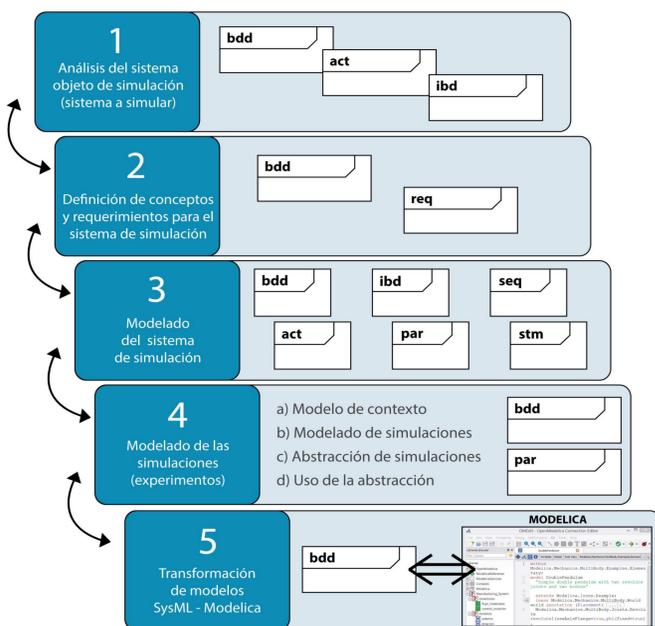


Figura 2. Proceso definido en la metodología SSM.

Los dos lenguajes sobre los que se sustenta la metodología SSM son SysML y Modelica, ambos con una orientación a objetos y con una gran capacidad de sinergia. La integración de estos dos lenguajes en una metodología es significativa, independientemente del enfoque que se adopte en el proceso de diseño y simulación del sistema, del paradigma de simulación (simulación de dinámica continua o de eventos discretos) o del nivel de automatización en la transformación SysML-Modelica y viceversa.

La metodología propuesta define un proceso de 5 pasos que se presentan de forma esquemática en la Figura 2 y que se comentan brevemente a continuación:

1. Análisis de la estructura funcional y lógica del sistema a simular para conocer los elementos estructurales y las relaciones entre éstos que lo caracterizan.
2. Definición de los conceptos y requisitos para el modelo del sistema de simulación, considerando varios aspectos, como el tipo de simulaciones, los objetivos del estudio y las alternativas de simulación.
3. Modelado estructural y de comportamiento del sistema de simulación. Estos modelos se descomponen al nivel de abstracción requerido y se describen utilizando diferentes diagramas SysML.
4. Definición de un modelo de contexto y modelado y abstracción de las simulaciones.
5. Transformación de los modelos SysML a Modelica para obtener modelos de simulación ejecutables.

El proceso descrito no es estrictamente secuencial, sino que se consideran flujos de realimentación para modificar, mejorar y/o ampliar el modelo. Una vez completados los 5 pasos es necesario validar el modelo, por ejemplo, a través de la instanciación del mismo para la construcción de modelos de simulación ejecutables.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

A continuación se presenta el caso de estudio en el que se ha aplicado la metodología SSM propuesta para la construcción del modelo de simulación de un sistema de ensamble multi-etapa (MAS) [Benavent]. Se trata de un sistema de simulación multi-dominio que considera tanto el flujo de materiales y órdenes como la propagación de las características de calidad de las piezas. La Figura 3 muestra algunos modelos desarrollados a lo largo de las diversas etapas de la metodología SSM.

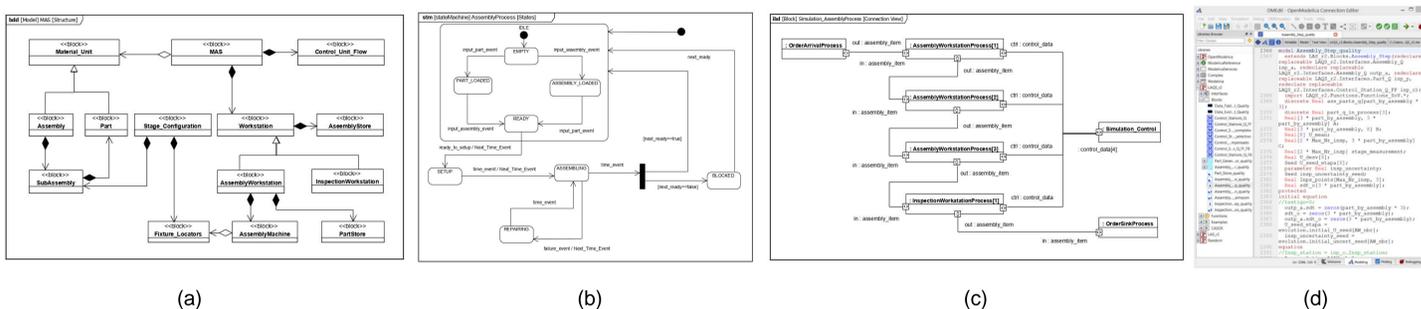


Figura 3. Algunos modelos desarrollados. a) bdd de estructura del modelo de simulación (paso 1); b) stm de una AssemblyStation (paso 3); c) ibd de la línea de ensamble a simular (paso 4); fragmento del modelo implementado en OpenModelica (paso 5).

Tras completar la implementación del modelo se procedió a validar la propuesta mediante su instanciación para simular una línea de ensamblaje multietapa con 4 estaciones de trabajo. Tanto la construcción del modelo como la ejecución de las simulaciones resultó exitosa, obteniendo resultados satisfactorios.

CONCLUSIONES

Resulta fundamental la adopción de metodologías bien fundadas para que el diseño de sistemas de simulación. Sin embargo, son pocas las propuestas que abordan esta cuestión.

Por ello, se ha presentado la metodología SSM centrada en el modelado de simulaciones para sistemas de fabricación. Esta metodología se sustenta en la utilización sinérgica de SysML y Modelica. Además se propone un proceso de diseño del sistema de simulación formado por cinco pasos. Tras su definición de la metodología se ha validado la propuesta aplicándola en un caso de estudio que aborda el desarrollo de un sistema para la simulación de una línea de ensamblaje multietapa.

Se han obtenido excelentes resultados, tanto en el modelado del sistema de simulación como en las diversas simulaciones ejecutadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benavent, S., Rosado, P., Romero, F., y Abellán-Nebot, J. V. (2020). Multidomain Simulation Model for Analysis of Geometric Variation and Productivity in Multi-Stage Assembly Systems. *Applied Sciences*, 10(18), 6606. <https://doi.org/10.3390/app10186606>

Eigner, M., Gilz, T., y Zafirov, R. (2012). *Interdisciplinary Product Development - Model Based Systems Engineering*. <https://www.plmportal.org/en/research-detail/interdisciplinary-product-development-model-based-systems-engineering.html>

Galland, S., Grimaud, F., y Campagne, J. P. (2000). Methodological approach for distributed simulation: general concepts for MaMA-S. En *Proceedings of the 14th European Simulation Multiconference on Simulation and Modelling: Enablers for a Better Quality of Life*. https://www.researchgate.net/publication/221347380_Methodological_Approach_for_Distributed_Simulation_General_Concepts_for_MaMA-S