

Hacia la generación automatizada de submodelos de AAS para un proceso productivo.

Towards automated generation of AAS submodels of a production process.

Juan Zamateo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Argentina
juanzamateo@gmail.com

Presentación: 17/10/2023

Resumen

La digitalización de las plantas productivas, conforme a la visión de la Industria 4.0, implica la creación de un componente digital conocido como Asset Administration Shell, que almacena información organizada en submodelos sobre cada activo de dicha planta, ya sea una máquina, materia prima o la receta del proceso productivo. En el contexto de la producción por lotes, el estándar ISA-88, el cual propone una especificación de esta receta, ha sido utilizado para desarrollar submodelos de AAS que representan diferentes aspectos de la receta, entre ellas la secuencia de pasos del proceso. El propósito de este trabajo es proponer una herramienta que, a partir de una secuencia en el lenguaje Sequential Functional Chart como entrada, permita generar automáticamente una instancia de submodelo basado en ISA-88. Esta herramienta simplificaría el acceso de profesionales de la industria a los beneficios de la I4.0 sin requerir un profundo conocimiento de las tecnologías subyacentes.

Palabras clave: Industria 4.0, Asset Administration Shell, Sequential Functional Chart, Receta, ISA-88

Abstract

The digitization of production plants, in line with the vision of Industry 4.0, involves creating a digital component known as an Asset Administration Shell, which stores organized information in submodels about each asset in the plant, whether it be a machine, raw material, or the recipe for the production process. In the context of batch production, the ISA-88 standard, which provides a specification for this recipe, has been used to develop AAS submodels representing various aspects of the recipe, including the sequence of process steps. The purpose of this work is to propose a tool that, based on a sequence in the Sequential Functional Chart language as input, automatically generates an instance of an ISA-88-based submodel. This tool would simplify access to Industry 4.0 benefits for industry professionals without requiring an in-depth understanding of the underlying technologies.

Keywords: Industry 4.0, Asset Administration Shell, Sequential Functional Chart, Recipe, ISA-88

Introducción

La propuesta de la Industria 4.0 se basa en la digitalización de las fábricas, para lograr de esta forma una mejora en la comunicación entre las distintas etapas del proceso productivo (que pueden llevarse a cabo tan cerca como dentro de las

mismas instalaciones o tan lejos como al otro lado del mundo). Esta mejora en la comunicación permite optimizar la producción en distintas formas, tales como la eficiencia de las tareas de planeación y programación de la producción, que se ve beneficiada de que cada producto conozca los recursos que requiere y puede entonces participar en las tareas de organización de su propia producción.

La forma de lograr esta digitalización de las fábricas consiste en la creación de representaciones digitales de cada activo que dicha industria considere importante, los cuales pueden ser tangibles como máquinas, herramientas o materiales, o bien intangibles como puede ser un software o un plano en formato CAD. Llamamos a estos activos 'Assets', y a su representación digital 'Asset Administration Shell' (AAS). A su vez, un AAS se compone de diversos 'Submodelos', los cuales contienen 'Elementos' y estos se componen de 'Propiedades' de distintos tipos. Cada Submodelo representa un aspecto del Asset que es modelado por el AAS. Todo este proceso de digitalización tiene como objetivo generar lo que se llama un Gemelo Digital (Digital Twin) de la industria, lo cual puede lograrse en distintos niveles de profundidad. El nivel más básico consiste en una representación estática de la planta productiva y todo lo que la integra (máquinas, materiales, operarios, software). Esta representación se conoce como Digital Model o modelo digital, y tiene la característica de que no existe comunicación entre el modelo y el Asset en sí. Es decir, el AAS de una máquina no envía ni recibe información de la máquina que está modelando. Los niveles más profundos se denominan Digital Shadow, cuando existe comunicación unidireccional desde el objeto físico a su representación digital; y Digital Twin cuando la comunicación es automática y bidireccional. Obviamente, los niveles más profundos proporcionan más beneficios a la eficiencia y la productividad, pero también conllevan una complejidad mayor y requieren una gran inversión en infraestructura (sensores, servidores, conexiones, etc.). Este trabajo intenta colaborar con la digitalización estática de la industria, es decir el Digital Model. De todas formas, cada nivel sirve como base para el siguiente, y en un futuro se puede continuar profundizando en la digitalización para aprovechar al máximo los beneficios de la industria 4.0.

Uno de los mayores referentes de este tema, la organización Plattform Industrie 4.0, propone un metamodelo para la representación de los AAS y sus componentes (Plattform Industrie 4.0, 2022, 29-31). Dentro de este metamodelo, encontramos dos tipos (*kind*) de AAS, que pueden relacionarse con los conceptos clase e instancia del paradigma de la programación orientada a objetos. De esta forma, tenemos AAS que representan un 'tipo' (homólogo al concepto de clase), donde se definen e implementan propiedades distintivas de dicha clase; luego están los AAS de 'instancia', similares al concepto del mismo nombre en el paradigma de programación orientada a objetos. Estos AAS de 'instancia' están relacionados a un AAS de 'tipo' (o clase), y contienen información específica sobre la producción, logística, calificación y tests. Un ejemplo de esta distinción se da en la figura 1, donde existen dos sensores de temperatura físicos, cada uno con su AAS de 'instancia' donde existe información propia de cada uno como puede ser la temperatura que están censando en este momento; y luego se define otro AAS de 'tipo' que contiene información general que describe a ambas instancias, como por ejemplo el rango de temperaturas en el que pueden trabajar. Mas adelante en el trabajo se hará referencia a instanciación de submodelos, lo cual sigue los principios descritos en este párrafo.

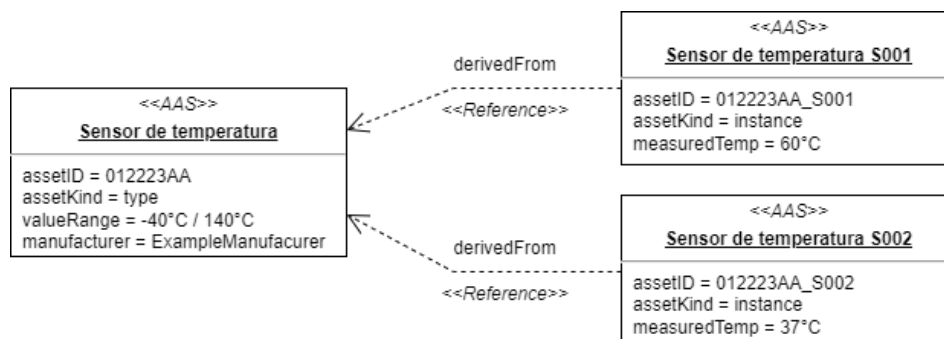


Figura 1 – Ejemplo de la distinción entre AAS de 'tipo' e 'instancia'

En el presente trabajo, se reduce el amplio espectro de la industria 4.0 para centrarse sólo en el procesamiento por lotes, o procesos batch. Esta rama de la industria recibió poca atención a los comienzos del movimiento industria 4.0, y por consiguiente hay tan sólo unos pocos trabajos desarrollados sobre la misma. Uno de ellos (Pairol et al., 2022), propone un Submodelo basado en el estándar ISA-88 (ISA, 2006) para representar de forma general lo que se conoce bajo dicho estándar como la 'Receta' del proceso productivo. Esta Receta contiene información sobre los pasos del proceso, los equipos y los materiales involucrados, así como los parámetros de control. Un trabajo posterior (Alvarado et al., 2023) publicado por algunos de los autores del artículo previamente mencionado, propone un nuevo submodelo con un nivel de especificidad mayor, es decir, se centra en un único aspecto de la receta propuesta por el estándar ISA-88: la representación de los pasos del proceso organizados a nivel de fase. Según el estándar, cada fase representa una etapa específica del proceso por lotes. Para llevar a cabo la representación, el submodelo propone utilizar los elementos del lenguaje Sequential Functional Chart (SFC), uno de los lenguajes definidos en el estándar IEC 61131-3 (IEC, 2003). Este submodelo será de crucial importancia para el presente trabajo, ya que resuelve una parte importante de la problemática que se trata, como lo es la representación de los elementos de SFC dentro de un AAS. Como consecuencia, será mencionado en múltiples ocasiones a lo largo de este documento.

Partiendo de la información presentada y como se detallará en las siguientes páginas, el objetivo del proyecto en el que se enmarca este trabajo es proponer una herramienta que permita, a partir de la representación de un proceso de producción mediante los elementos del lenguaje SFC, generar automáticamente, podría decirse a modo de traducción, una instancia del Submodelo basado en ISA-88 que modele dicho proceso productivo en el marco de la Industria 4.0 (Figura 2). En el presente informe simplemente se realiza un planteo detallado de lo que debería resolver dicha pieza de software, destacando los avances y conclusiones que se obtuvieron con el progreso efectuado hasta la fecha. Lo que se busca en última instancia es una forma de facilitar para los usuarios industriales el acceso a los beneficios de estas nuevas tecnologías relacionadas con la intercomunicación en la industria sin la necesidad de indagar en los conceptos que fundamentan la Industria 4.0 y con los estándares que regulan esta rama de la producción.



Figura 2 – Flujo de información en la herramienta propuesta

Metodología

La herramienta que se propone en el presente trabajo tiene, como todo sistema, 3 partes: entrada de información, procesamiento de dicha información de acuerdo con estándares y normas, y salida de la información procesada en el formato deseado. A continuación, se procede a describir para cada una de estas partes, lo que se hizo y lo que se planea hacer en el transcurso de este trabajo en desarrollo. Podemos expresar cada parte como una etapa del desarrollo, agregando una 'etapa cero' previa, para analizar la factibilidad antes de comenzar el desarrollo.

En primera instancia, antes de analizar las 3 partes del sistema descritas anteriormente, es necesario realizar lo que podría llamarse un estudio de factibilidad. Esto consiste en tomar una variedad de ejemplos de entradas, e intentar generar la salida utilizando herramientas y métodos que no necesariamente serán los mismos que se aplicarán cuando se desarrolle el resto del trabajo. Para esto, se tomaron diversos ejemplos básicos de estructuras en SFC, obtenidas del documento con las especificaciones mismas del lenguaje. Cada una de ellas tenía el objetivo de probar distintas funciones del lenguaje y cómo se verán representadas en el Submodelo de AAS propuesto. Se utilizó la herramienta AASX Package Explorer (<https://github.com/admin-shell-io/aasx-package-explorer>), desarrollada por Plattform Industrie 4.0, la cual permite visualizar y editar a través de una interfaz gráfica los diversos submodelos que componen un Asset Administration Shell. A través de ella, se procuró generar las instancias del Submodelo para cada uno de los ejemplos y evaluar la factibilidad

del proyecto y la consistencia del Submodelo mencionado. En la sección de resultados y discusión se expresan las observaciones que surgieron gracias a esta instancia previa al desarrollo.

Comenzando con lo que respecta al desarrollo, la primera etapa consiste en definir las entradas del sistema, es decir, los medios y formas en los cuales ingresará información a la herramienta. Como se mencionó en la sección anterior, el objetivo es partir de una secuencia de pasos representada en SFC que modelan un proceso productivo. SFC es un lenguaje de programación gráfico o visual, especificado en el estándar IEC 61131-3 como uno de los 5 lenguajes de programación para PLC. Fue seleccionado para este trabajo gracias a que, además de ser conocido y utilizado en la industria, soporta diversas funciones como bifurcaciones de selección o de procesamiento en paralelo, saltos, loops, etc., que pueden ser muy útiles a la hora de representar los pasos que componen a un proceso productivo.

Ahora bien, para lograr procesar la información que contiene un lenguaje gráfico como SFC de forma automatizada, se necesita una forma de expresarlo en algún lenguaje textual. Para esta tarea, se decidió emplear el estándar XML para SFC (OpenPLC, 2009) desarrollado por OpenPLC, una empresa dedicada a generar soluciones de código abierto en el ámbito de la automatización industrial. Utilizando esta metodología, se consigue disponer de la entrada en formato adecuado para su posterior procesamiento utilizando una gramática libre de contexto.

La segunda de las partes del sistema mencionadas anteriormente es la encargada del procesamiento de la información que se proporcionó en la entrada. Como se anticipó brevemente en el párrafo anterior, se utilizará una gramática libre de contexto para la interpretación de la entrada y para realizar el primer procesamiento de esta. Para implementarla se decidió utilizar ANTLR (<https://antlr.org>), una herramienta de reconocimiento de lenguajes.

En esta segunda etapa, se deben definir las reglas de esta gramática, lo cual requiere un conocimiento bastante profundo del formato en el que ingresa la información al sistema, y saber discriminar que partes de dicha entrada servirán para el propósito del proyecto y cuáles deben ser ignoradas. Como ejemplo de estas situaciones, en el XML que se genera a partir del programa SFC se incluye mucha información en referencia a los elementos gráficos del diagrama (posiciones, tamaños, etc.), que no son relevantes al objeto de este trabajo y por lo tanto deben ser ignorados.

Una vez definida la gramática que se encargará de interpretar la entrada, es necesario generar la salida en forma de un AAS que implemente el Submodelo que se está trabajando. Hay diversas formas de lograr esto, y diversas herramientas que facilitan el camino. Una de las más importantes y que está siendo considerada como opción para la tercera etapa de este proyecto es el conjunto de librerías Eclipse BaSyx (<https://github.com/eclipse-basyx>), que provee kits de desarrollo de software (SDKs) para una gran variedad de lenguajes de programación (incluyendo Java y Python, entre otros). Estas librerías facilitan la generación de AAS a partir de los datos que genera la gramática libre de contexto implementada.

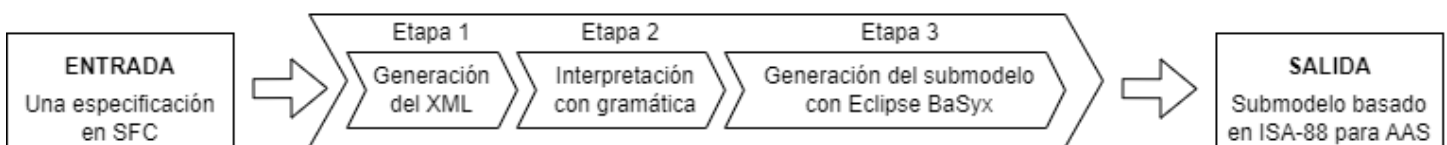


Figura 3 – Detalle de los procesos dentro de la herramienta y las etapas del desarrollo.

Como paso final, luego de todas estas iteraciones, quedaría definir la interfaz con el usuario final para que la herramienta quede utilizable. Esta interfaz podría ser directa, es decir en forma gráfica con la que el usuario interactúe sin intermediarios, o bien a través de una API u otro sistema indirecto, que implicaría que quien va a interactuar con la herramienta generada será otro software intermediario entre ésta y el usuario final.

Resultados y discusión

Al tratarse de un trabajo en desarrollo, solo una parte de lo mencionado en la sección de metodologías fue ejecutado a la fecha de escribir este informe. A continuación, se expresarán tanto las conclusiones de las etapas completadas como lo que se espera obtener en aquellas que aún se encuentran en proceso o por comenzar.

Hasta la fecha, se han realizado las pruebas descritas como etapa 0, se encuentra avanzada la etapa 1 del proyecto, donde el objetivo es darle el formato apropiado a la información que ingresa al sistema; y la etapa 2 está apenas iniciada, es decir, se están estudiando las mejores formas de plantear las reglas de la gramática libre de contexto para el caso en estudio.

Como se mencionó en la sección de metodología cuando se describían las pruebas de factibilidad, surgieron algunas observaciones durante el transcurso de dichas pruebas. Entre ellas, se identificaron algunas secciones del submodelo propuesto en el trabajo citado que no estaban completamente definidas, y por lo tanto su especificación no era suficiente para generar el resultado esperado. Estas observaciones se relevaron y se comunicaron al autor del trabajo en cuestión, quien está en constante contacto gracias a que participa de una beca de doctorado en la misma institución. Gracias a esto, se desencadenó un intercambio de opiniones y observaciones que contribuyeron en gran medida al avance y progreso de la investigación.

La etapa de generación del XML a partir de la entrada en lenguaje SFC dejó resultados muy prometedores, gracias a que el estándar proporcionado por OpenPLC es muy completo y permite modelar la totalidad del lenguaje de forma que luego pueda ser interpretado por las siguientes etapas. Como se mencionó brevemente en la sección anterior, existe el desafío de entender en profundidad cada parte del documento XML generado, para poder discernir que secciones son de utilidad para la herramienta que se propone, y cuáles no. Esta es una de las tareas que falta completar para dar por finalizada la ejecución de la etapa 1.

Las etapas siguientes se encuentran planteadas, pero están sujetas a cambios que puedan surgir durante la ejecución. Algunas de ellas no están totalmente definidas, sino que se tiene una idea general de lo que se espera lograr y se irá modificando el método escogido para llevarlas a cabo conforme se avance con la implementación. El objetivo final del proyecto en el que se enmarca el presente trabajo, como se introdujo previamente, es diseñar e implementar una herramienta de software lista para usuarios finales pertenecientes a la industria, donde puedan ingresar una secuencia de pasos SFC, y obtengan como resultado el paquete AASX (formato para almacenar y transportar los datos de un AAS) para agregar a la representación digital estática (Digital Model) de sus instalaciones.

Conclusiones

Mantenerse al día con los avances de la tecnología es una tarea por demás de complicada, teniendo en cuenta que en la actualidad se producen nuevos desarrollos prácticamente todo el tiempo, y muchos de ellos provocan cambios importantes en la forma de realizar las actividades cotidianas de la industria. En ese contexto, es primordial destacar la importancia de tener herramientas que aprovechen el conocimiento y experiencia que disponen los usuarios en la industria y permitan acceder a estas nuevas tecnologías y sus beneficios sin la necesidad de invertir tanto tiempo y esfuerzo (y el capital que eso conlleva) en estudiar y aprender dichas tecnologías de vanguardia que muchas veces tienen un nivel de dificultad y una curva de aprendizaje bastante atemorizantes.

Para el caso particular de la industria 4.0, la curva de aprendizaje y la curva de implementación tienden a mostrar un inicio lento, con poco progreso en relación con el tiempo invertido. Pero conforme se avanza en materia de digitalización, aprovechamiento de los datos, comunicación entre los diferentes actores del proceso productivo, etc., los beneficios se hacen notar. Es por eso por lo que se sigue investigando y planteando nuevos modelos y herramientas que permitan

acelerar la adopción de esta nueva tecnología. Tener esta representación digital, no solo de los procesos como se plantea en este trabajo, sino también de la infraestructura y los materiales disponibles, y todos los Assets que disponga la planta, le permitirá optimizar muchas áreas de la producción, como la planificación y programación de las instalaciones previo al comienzo de producción.

El desarrollo del presente trabajo se encuentra en una etapa temprana, donde se siguen encontrando observaciones sobre el Submodelo que se usa como base para generar el AAS, y se continúan planteando posibles soluciones en conjunto. El siguiente paso por encarar es la definición de las reglas de la gramática libre de contexto, para relevar correctamente la información exportada en los archivos XML. Además, se está pensando en desarrollar en paralelo la siguiente etapa, para así facilitar la depuración de dichas reglas y detectar lo antes posible los errores para su pronta corrección. De esta forma, se reduce la duración de las iteraciones del desarrollo, que consisten en implementar, probar, detectar errores, corregir y repetir. También sería interesante obtener retroalimentación de personas calificadas que estén en contacto con la aplicación de esta tecnología en el mundo real y las necesidades más urgentes de la industria en nuestro campo de trabajo.

Referencias

Alvarado, J. A., Vegetti, M., Gonnet, S. (2023). Submodelo de AAS para representación de procedimientos de procesos batch. Actas de las 52 Jornadas Argentinas de Informática (52 JAIIO), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 4 al 8 de setiembre, 2023. En prensa.

IEC (2003) “Programmable Controllers, Part 3: Programming Languages”. Disponible en <<https://webstore.iec.ch/publication/4552>>

ISA (2006) “Batch Control, Part 1: Models and Terminology, ISA-88.01-1995 (R2006)”. Disponible en <<https://www.isa.org/products/ansi-isa-88-00-01-2010-batch-control-part-1-models>>

Pairol, R., Alvarado, J., Vegetti, M., Roldán, L., Gonnet, S. (2022) “Modelo para la digitalización de activos de la industria batch basado en el estándar ISA 88”. Actas de las 51 Jornadas Argentinas de Informática (51 JAIIO), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2022.

Plattform Industrie 4.0 (2022) “Details of the Asset Administration Shell – Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0”. Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, Berlin, 235, (2022). Disponible en <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.html>

PLCopen, Technical Committee 6 (2009) “XML Formats for IEC 61131-3”. Disponible en <https://www.plcopen.org/system/files/downloads/tc6_xml_v201_technical_doc.pdf>