

Ingeniería Dirigida por Modelos Aplicada al Control Automático del Almacenamiento en Silos bolsa

Daniel Calegari, Carlos Luna, Mauro Canabé, Federico Sierra
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
{dcalegar,cluna}@fing.edu.uy, {mncp31,fedesiterr}@gmail.com

Nora Szasz
Facultad de Ingeniería, Universidad ORT Uruguay, Montevideo, Uruguay
szasz@ort.edu.uy

Claudia Pons
Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina
cpons@liffia.info.unlp.edu.ar

Resumen

La preservación de granos en bolsas plásticas herméticas, conocidas como silos bolsa, es una estrategia de almacenamiento de gran expansión en Argentina, Uruguay y Chile. Este tipo de almacenamiento brinda una solución de bajo costo que permite aumentar la vida útil de los granos almacenados, disminuyendo los efectos dañinos del clima, insectos y microorganismos. Las condiciones de almacenamiento pueden mejorarse monitoreando y manteniendo niveles adecuados de temperatura y humedad, entre otros factores internos de los silos bolsa. En este artículo presentamos una infraestructura para la construcción automática de sistemas de monitoreo y adaptación automática de las condiciones internas de los granos almacenados en silos bolsa. Los sistemas permiten registrar mediciones de las condiciones internas de los silos bolsa utilizando sensores. También permiten monitorear la evolución de estas condiciones y adaptar las mismas utilizando dispositivos específicos para dicho propósito. La infraestructura fue concebida siguiendo los lineamientos del paradigma de Ingeniería Dirigida por Modelos. Para ello, se definió un lenguaje de dominio específico que permite configurar distintos sistemas de monitoreo, los cuales se construyen automáticamente a partir de dichas configuraciones.

Abstract

The preservation of grains in hermetic plastic bags, also known as silobags, is a widespread strategy in Argentina, Uruguay and Chile. This type of storage provides a cost effective solution that can increase the useful life of the stored grains, reducing the harmful effects of weather, insects and microorganisms. The storage conditions can be improved monitoring and maintaining adequate levels of temperature and humidity, among other factors within the silobags. This paper presents a framework for the automatic construction of systems for monitoring and automatically adapting the internal conditions of grain stored in silobags. The systems can record measurements of the internal conditions of the silobag using sensors. They also can monitor the evolution of these conditions and adjust them using specific devices for this purpose. The infrastructure was designed using the Model Driven Engineering paradigm. For this purpose, a domain-specific language was defined that allows the configuration of different monitoring systems, which are automatically constructed from these settings.

Palabras Clave

Preservación de granos, Silo bolsa, Ingeniería Dirigida por Modelos

1. Introducción

Las condiciones de almacenamiento de los granos cultivados influyen fuertemente, tanto la calidad del alimento que la gente consume, como los beneficios que los productores pueden obtener de su producción. Por tal motivo, la estrategia de almacenamiento debe cumplir con ciertos requisitos, entre los que se encuentran la protección de los granos contra el mal tiempo, la disminución del efecto dañino producido por insectos y microorganismos, y el mantenimiento de la calidad inicial de los granos por períodos de tiempo prolongados.

Diferentes razones, como los altos costos de los métodos tradicionales de almacenamiento, la carencia de rutas y transporte adecuados para enviar la producción a lugares de almacenamiento, y la fluctuación del mercado, que generan la conveniencia de almacenar los granos en lugar de vender al precio existente durante la cosecha, han llevado a pequeños y medianos productores a desarrollar y usar estrategias *ad-hoc* de almacenamiento.

Una de las estrategias de almacenamiento de mayor expansión en Argentina, Uruguay y Chile ha sido el uso de bolsas de polietileno, denominadas silos bolsa [1]. Esta estrategia de bajo costo operativo se basa en almacenar los granos con bajos niveles de humedad y temperatura en silos bolsa, las cuales se cierran herméticamente a los efectos de generar condiciones atmosféricas internas independientes de las exteriores. La calidad de los granos almacenados depende en gran medida de la duración del almacenamiento y de los niveles de humedad y temperatura iniciales.

Los autores de este trabajo participan de un proyecto de investigación en curso [2], el cual tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema inteligente para el seguimiento y la adaptación automática de las condiciones internas de los granos almacenados en silos bolsa, con el fin de optimizar su estado de conservación. Dado que los resultados de este proyecto están especialmente dirigidos a apoyar a pequeños y medianos agricultores, un requisito obligatorio de nuestro trabajo es que la solución desarrollada sea de bajo costo. En este contexto, se ha estudiado el efecto de la evolución de los niveles de humedad sobre la calidad de los granos. A partir de este estudio se ha definido un modelo matemático para la predicción del comportamiento de la humedad y la temperatura, y el análisis de sus efectos en las condiciones internas [3]. Asimismo, se han diseñado sensores inalámbricos de bajo costo para medir los niveles de humedad y temperatura [4], a los efectos de monitorear dichas condiciones internas. Dado que la calidad de los granos depende además de un equilibrio en propiedades tales como acidez y niveles de dióxido de carbono, se está estudiando la posibilidad de incluir sensores para estas medidas, así como de definir ecuaciones de control que sean la base para un mecanismo automático de adaptación de las condiciones internas de los silos bolsa. Esto se lograría activando automáticamente el funcionamiento de actuadores, como por ejemplo ventiladores.

En este artículo presentamos una infraestructura para la construcción de sistemas de monitoreo, que permiten registrar mediciones de diferentes sensores, monitorear la evolución de estas mediciones y que permitirán luego activar, una vez diseñados, dispositivos específicos para adaptar las condiciones internas de los silos bolsa. Toda la información se obtiene a través de sistemas de software de control, consistentes de

microcontroladores con escasos recursos energéticos y de hardware. Una característica fundamental de los sistemas de software a construir es la de poder asistir a los productores a través de una interfase muy simple y amigable.

Para lograr estos objetivos se construyó una solución integral siguiendo los lineamientos de los paradigmas denominados Ingeniería Dirigida por Modelos [5] y Modelado Específico de Dominio [6], basados esencialmente en la definición de modelos específicos para la representación de los diferentes aspectos de un sistema a construir y en la generación automática de sistemas de monitoreo a partir de dichos modelos.

En tal sentido, se definió un lenguaje de dominio específico (DSL, por sus siglas en inglés). El DSL es definido por un desarrollador, quien fácilmente puede incorporar nuevas características al mismo. Posteriormente, el DSL es utilizado por un experto del dominio, quien puede configurar con el desarrollador el conjunto de silos bolsa a monitorear y las características de éstos. Finalmente, a partir del modelo generado con el DSL, se deriva automáticamente el código del sistema de monitoreo que utilizará el productor rural. La separación de roles permite aumentar el nivel de especificidad de la tarea a desarrollar y en consecuencia a mejorar la calidad de los productos generados. En particular, la metodología aquí propuesta permite que cada individuo se enfoque en su área de experticia, aumentando la productividad de éstos. Además, la generación automática de la aplicación final no sólo facilita la aprehensión de la misma por parte de usuarios sin grandes conocimientos tecnológicos, sino también disminuye los errores que puede producir la generación manual de diferentes configuraciones de la misma y se adapta fácilmente a los cambios tecnológicos.

Consideramos que dada la importancia y difusión que tienen actualmente los silos bolsa en países de la región, este proyecto constituye un aporte trascendente que, a través de la incorporación de tecnología, permitirá mejorar las condiciones de almacenamiento de granos en silos bolsa, detectar condiciones riesgosas de acopio, actuar para mejorar factores críticos y como consecuencia, extender el tiempo de conservación de la producción, sin degradar la calidad de la misma.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera. En la Sección 2 se describen las características principales de los paradigmas que contextualizan la solución al problema. En la Sección 3 se presentan los roles y el proceso de construcción y uso de la infraestructura específica de dominio. En la Sección 4 se introduce el DSL definido, en tanto en la Sección 5 se presentan las características de la familia de sistemas que se pueden derivar utilizando dicha infraestructura. Finalmente, en la Sección 6 se exhiben las conclusiones y algunos lineamientos para el trabajo futuro.

2. Modelado Especifico de Dominio

La Ingeniería Dirigida por modelos (MDE, por sus siglas en inglés) así como el Modelado Específico de Dominio (DSM, por sus siglas en inglés) son metodologías de desarrollo de software en las cuales se busca incrementar el grado de abstracción en la representación de las aplicaciones, más allá de los lenguajes de programación convencionales, utilizando conceptos y reglas tomados directamente del dominio del problema de software a resolver.

La metodología propone comenzar el desarrollo con una definición formal de los conceptos y las reglas que caracterizarán a las representaciones de alto nivel (modelos), las cuales serán el artefacto principal de especificación de software. La obtención de representaciones de un menor nivel de abstracción, como por ejemplo código fuente, es lograda a través de un proceso de derivación, el cual toma como entrada los modelos formales confeccionados de acuerdo a los conceptos y reglas definidos.

Esta derivación es posible gracias a la cota que se pone en la cantidad de aspectos considerados del problema de software a tratar, la cual conforma el “dominio específico” de los modelos y promueve un incremento en la semántica de los conceptos y reglas utilizadas en las descripciones. Tal incremento abre paso a una generación de código completa, en el sentido de que los desarrolladores no deben proveer más información que los mismos modelos a fin de obtener la implementación final, a costas de acotar las soluciones que se pueden obtener a un dominio particular.

Un dominio, según la metodología, es definido como un área de interés en relación al desarrollo de software, y puede tratarse de situaciones comunes y acotadas a una problemática particular en dicho desarrollo como, por ejemplo: persistencia, diseño de interfaces de usuario, comunicación, etc. Asimismo, puede referirse también a un campo específico para el cual el mismo está destinado como telecomunicaciones, procesos de negocios, control de robots, manejo de ventas, control de almacenamiento de granos, etc. Cuanto más se acote el dominio, más posibilidades habrán para generar aplicaciones funcionales directamente de las representaciones de alto nivel, dado que mayor será el contenido semántico de los componentes y las reglas que las conforman.

En contraste con otros procesos de desarrollo de software, la metodología requiere, por parte de unos pocos desarrolladores con experiencia en el dominio particular, la creación de tres elementos principales que serán la herramienta fundamental del equipo que llevará a cabo la construcción del software:

- un lenguaje de dominio específico formal a través del cual se definen las soluciones
- un generador de código para el lenguaje anteriormente especificado
- una infraestructura (framework) de dominio que sirva como base al código generado en el punto anterior, para que la traducción sea más sencilla

3. Roles y Proceso

La construcción de una solución MDE está guiada por la necesidad de una adecuada separación de roles entre los diferentes participantes del proceso, ya que éstos tienen perfiles muy diferentes y por lo tanto es más productivo asignar responsabilidades específicas a cada uno de ellos.

El primer participante es el **Desarrollador**. Éste debe tener conocimientos del dominio de los silos bolsa y de las herramientas de desarrollo. El Desarrollador tiene como tareas realizar un análisis de requerimientos y definir y mantener el DSL. Para ello hemos utilizado la herramienta DSL Tools de Microsoft®, que corre dentro del editor integrado de desarrollo Visual Studio 2008 [7]. Esta herramienta permite especificar las características del lenguaje (Meta-Modelo en la jerga de MDE), definir su aspecto gráfico y finalmente obtener en forma automática un editor para su uso.

El **Modelador** conoce la sintaxis del DSL creado. Éste debe determinar una configuración específica para la herramienta. Utilizando el editor del DSL configura los silos bolsa que se deberán monitorear, los sensores que se utilizarán para ello, las medidas a tomar, los mecanismos de muestreo, los tipos de alertas, entre otras cosas. Una vez especificada dicha configuración, el editor permite generar automáticamente el sistema de monitoreo que utilizará el usuario final.

El **Experto de Dominio** conoce el dominio del problema por lo que trabaja conjuntamente con el Desarrollador para la definición del lenguaje, así como con el Modelador para la configuración del sistema de monitoreo a generar.

Finalmente, está el **Productor Rural**, que es quien utiliza el sistema para monitorear y adaptar las condiciones internas de los silos bolsa ya configurados, sin necesidad de tener conocimiento alguno de los pasos previos. Por medio de la herramienta generada, el Productor Rural podrá modificar algunos parámetros de muestreo de datos, así como tomar decisiones (potencialmente de manera automática) en base a la información proporcionada.

4. Construcción del Lenguaje Específico de Dominio

El DSL permite configurar, entre otras cosas, un conjunto de silos bolsa a monitorear, los sensores que se utilizarán para ello, las medidas a tomar, los mecanismos de muestreo y los tipos de alertas.

Para la definición del DSL se especificó su Meta-Modelo, el cual representa las construcciones del lenguaje a utilizar, junto con sus propiedades y las relaciones existentes entre las mismas. La herramienta utilizada, DSL Tools, permite especificar, de manera gráfica, las construcciones del lenguaje, las relaciones entre ellas y el aspecto gráfico que tendrán en un entorno integrado, cuyo aspecto general se muestra en la Figura 1.

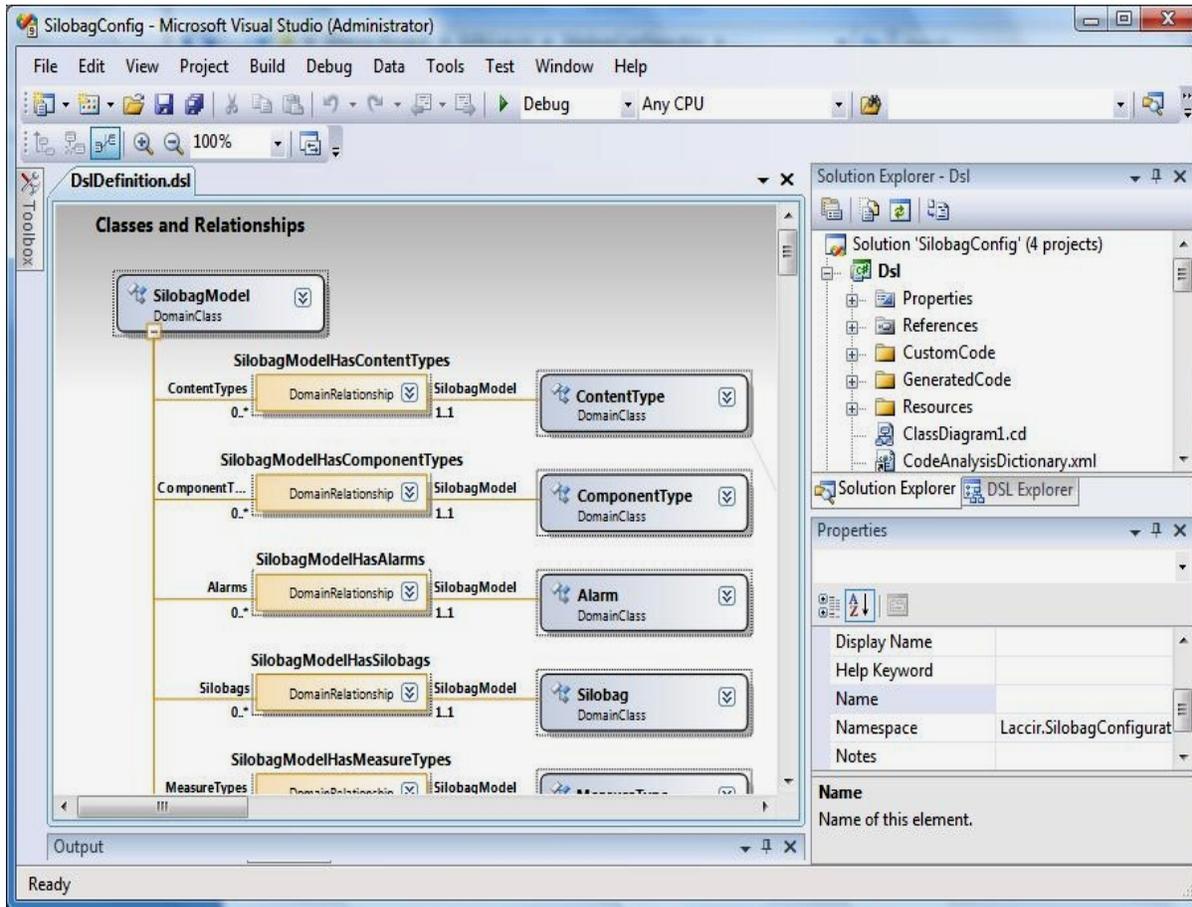


Figura 1: Aspecto general de la herramienta DSL Tools de Microsoft®

El Meta-Modelo del DSL creado tiene la estructura que puede verse en la Figura 2, en notación de Diagrama de Clases de UML [8], y que se explica a continuación.

Un silo bolsa (**Silobag**) puede estar lleno o no. Si lo está, el mismo está asociado a un contenido (**Content**) que tiene un tipo determinado (**ContentType**), como soja, maíz, etc. El silo bolsa se divide en secciones (**Section**); esta división es puramente lógica, y se realiza para un mejor control de las variables a medir, no existe una división física. Cada sección tiene un conjunto de sensores (**Sensor**), para medir las diferentes variables, y actuadores (**Actuator**), para modificar las condiciones internas del silo bolsa. Cada uno de estos componentes será de un tipo específico (**ComponentType**), como ventilador, termómetro, etc., y eventualmente podrá haber varios componentes del mismo tipo en un silo bolsa, como por ejemplo, varios termómetros en diferentes secciones del mismo.

Al contenido de un silo bolsa se le asocian diferentes medidas (**Measure**) a considerar, las cuales tienen un determinado tipo (**MeasureType**). Los sensores permiten obtener registros (**Register**) de dichas medidas. Las medidas pueden ser definidas en términos de otras medidas. Por ejemplo, podrían existir medidas diferentes para la temperatura (**SimpleMeasure**) de cada uno de los sensores y una medida compuesta (**ComplexMeasure**) que calcule el promedio de las mismas. De esta forma se pueden asociar medidas complejas para la evaluación de las condiciones internas de un silo bolsa.

A las medidas se le asociad diferentes alarmas (**Alarm**) en cierto rango (**AlarmType**) que permiten determinar situaciones favorables (verdes), desfavorables (rojo) e intermedias (amarillo).

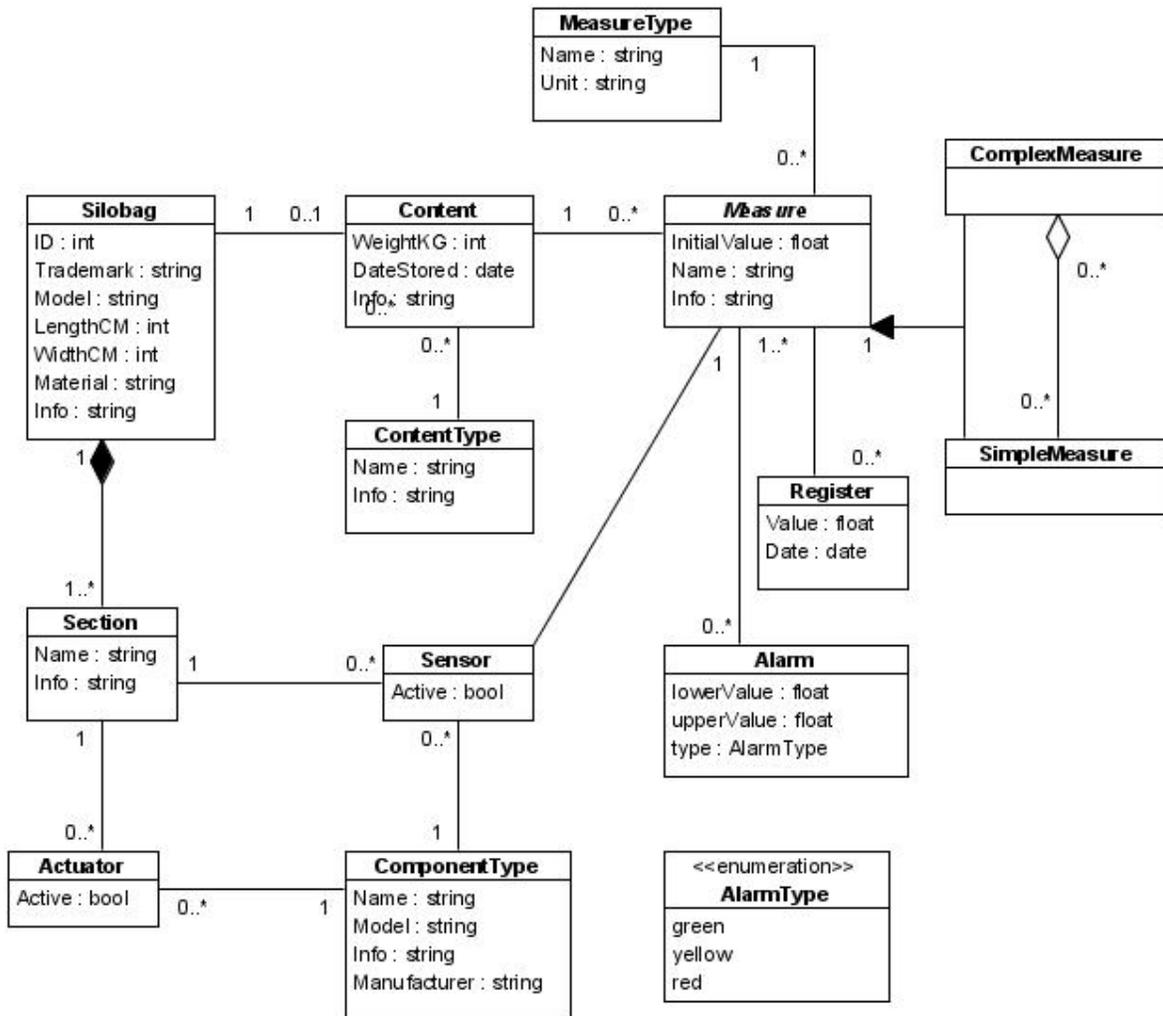


Figura 2: Meta-Modelo del DSL

El Meta-Modelo define la estructura, tanto de la información requerida para implementar automáticamente la herramienta final (como es el caso de **Silobag** y **Section**), como de aquella que procesará la aplicación final pero que no es parte de la configuración inicial de la herramienta (como es el caso de los **Register**). Además, posee cierto margen de extensibilidad que permite en un futuro incorporar cualquier tipo de contenido, componente (sensor o actuador), tipo de medida o medida compleja.

El DSL final y su correspondiente editor se pueden observar en la Figura 3. Las construcciones del DSL se aprecian en el menú a la izquierda de la figura, las cuales se ejemplifican a continuación.

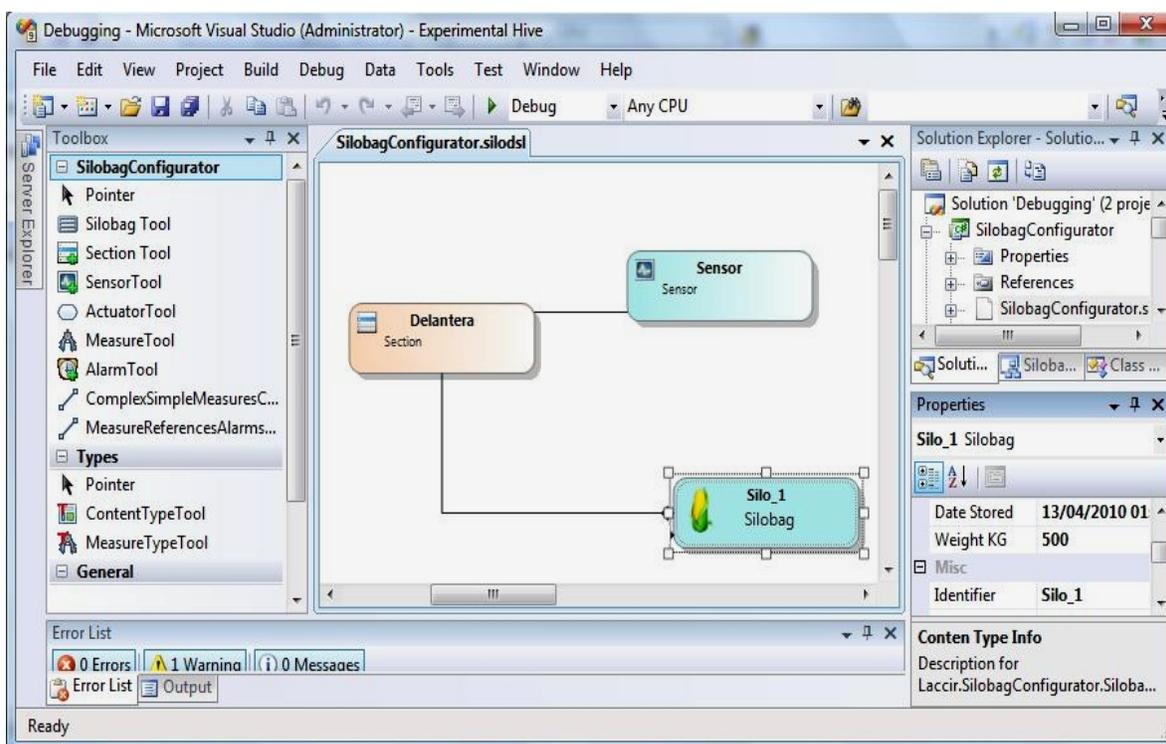


Figura 3: Editor del DSL

El Modelador utiliza el editor del DSL para determinar una configuración específica del sistema de monitoreo y para generarlo luego automáticamente. Un ejemplo de configuración se muestra en la Figura 4. En la misma se puede apreciar la definición de un silo bolsa cuyo contenido es maíz (definido por el ícono del componente gráfico). El silo bolsa está compuesto por dos secciones lógicas: Delantera y Trasera, las cuales contienen a su vez un conjunto de sensores de temperatura y un actuador. Para cada sensor hay una medida que se define por defecto para el registro de las mediciones. Finalmente se define una medida compleja que involucra las medidas por defecto de los dos sensores, para la cual se definen tres alarmas. Los datos de configuración opcionales que no se hacen explícitos en las construcciones gráficas del lenguaje, se pueden configurar en la sección de configuración de cada uno de ellos (ventana *Properties* de la Figura 3).

El editor del DSL tiene un doble uso. Por un lado, asiste a la configuración del sistema de monitoreo, tal como se verá en la próxima sección, y por el otro permite la programación de nuevas funcionalidades de la aplicación final. Este último uso está dedicado al Desarrollador que desee extender las capacidades de la aplicación final a pedido del Modelador que define la configuración. Por ejemplo, podría programar cierto procesamiento de datos complejo que determine una nueva medida compleja.

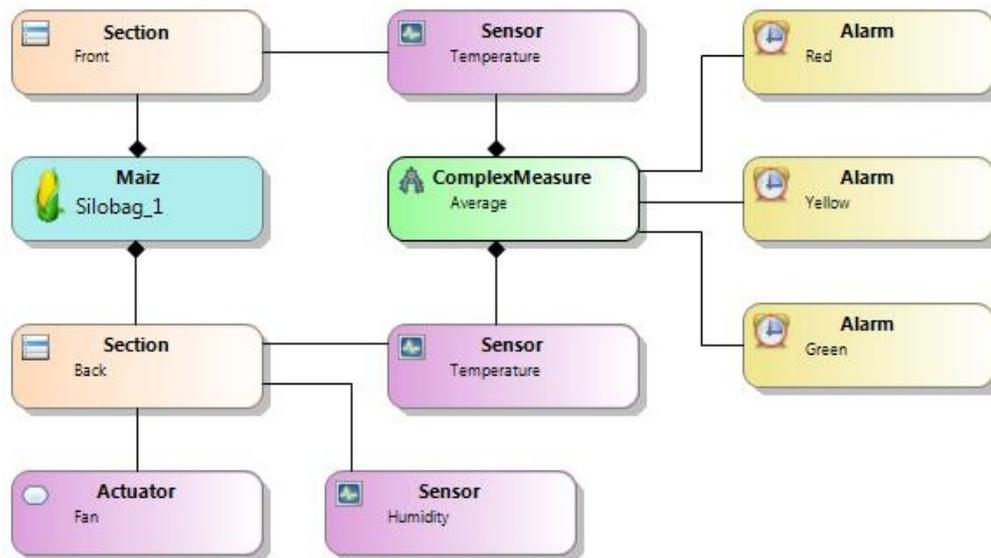


Figura 4: Configuración utilizando el DSL

5. Sistema de Monitoreo

A partir de los modelos construidos con el DSL, se deriva automáticamente el código del sistema de monitoreo específico. Esto se realiza con la ayuda de T4 Toolbox [9] que es un motor de generación de código basado en plantillas, que extiende las funcionalidades básicas que provee DSL Tools. Se definieron un conjunto de plantillas que procesan la configuración especificada a partir del DSL, generan una representación en memoria de las construcciones del lenguaje (Figura 2) y lo instancian a partir de una configuración concreta del sistema. Además, las plantillas permiten generar las funcionalidades de carga y almacenamiento de la información (persistencia). Por el contrario, la interfaz gráfica es estable y no se regenera para cada configuración. A modo de ejemplo, la Figura 5 muestra un extracto de una plantilla que procesa la configuración (`silobagModel`), crea la interfaz gráfica de la Figura 6 (`SectionGUI`) y carga la información en memoria de todos los sensores definidos para cada sección de cada silo bolsa de la configuración.

```

<#@ template language="C#v3.5" #>
.....
<#
SilobagModel silobagModel =
    TransformationContext.Transformation.SilobagModel;
Template template = new SectionGUI();
template.Render();

Dictionary<string, Sensor> sensors = new Dictionary<string, Sensor>();
foreach (Silobag silobag in silobagModel.Silobags)
    foreach (Section section in silobag.Sections)
        foreach (Sensor s in section.Sensors)
            if (!sensors.ContainsKey(s.ComponentType.Name))
                sensors.Add(s.ComponentType.Name, s);

```

Figura 5: Extracto de una plantilla para la generación de código

El Productor Rural utilizará el sistema de monitoreo generado para monitorear y adaptar las condiciones internas de sus silos bolsa. Este sistema presenta básicamente las siguientes funcionalidades:

- *Información*: visualización de la configuración establecida
- *Muestreo*: muestreo de datos de cada dispositivo y almacenamiento de los mismos
- *Gráfica*: gráfica en tiempo real, o en base al histórico de datos, de la evolución de las diferentes variables del sistema

La Figura 6 muestra una interfaz del sistema en donde se presenta la información de configuración de los silos bolsa, así como los dispositivos de monitoreo (sensor) y control (actuadores) para cada una de las secciones de un silo bolsa. Estos últimos pueden activarse y desactivarse, pensando en una futura administración remota de los mismos.

The screenshot shows a web-based configuration interface for 'Silobags'. It features a top navigation bar with 'Silobags', 'Measures', and 'Alarms' tabs. The main content area is divided into several sections:

- Silo Configuration Table:** A table with columns: Identifier, Trademark, Model, LengthCM, WidthCM, Material, and Info. It contains one entry: Silobag_1, Silo TM, Sx10, 2000, 200, s, Information.
- Silo Details Form:** A form for 'Silobag: "Silobag_1"'. It includes fields for Content Type (Maiz), Content Type Info (Este contenido es Maiz), Trademark (Silo TM), LengthCM (2000), Model (Sx10), WidthCM (200), Material (s), Weight KG, and Date Stored (23/04/2010). There are also 'Info' and 'Content Info' text areas.
- Section Configuration Table:** A table with columns: Section Name, Info. It lists 'Front' (Front section) and 'Back' (Back section).
- Sensors Table:** A table with columns: Active, Name, Model, Manufacture, Info. It lists two sensors: one inactive (Component Typ..., STx10, SensorTM) and one active (Component Typ..., SHx10, SensorTM).
- Actuators Table:** A table with columns: Active, Name, Model, Manufacture, Info. It lists one actuator: inactive (Fan, AFx10).
- Control Buttons:** 'Power Off', 'Add Scheduled', and 'Power On' buttons are located between the sensors and actuators tables.

Figura 6: Interfaz con datos de configuración de los silos bolsa

La siguiente interfaz del sistema puede observarse en la Figura 7. En ésta se presentan las diferentes medidas definidas, los registros de los muestreos realizados y una gráfica con la evolución de los datos, en donde se marcan las alarmas establecidas. En particular, se pueden observar los datos correspondientes a la medida compleja que se definió como el promedio de las temperaturas de los sensores existentes. Además se puede apreciar una gráfica con las mediciones (registros) realizadas para dicha medida y su correspondencia con las alarmas definidas (regiones verde, amarilla y roja).

Si bien no se encuentra dentro del alcance actual, el sistema ha sido diseñado para incorporar a posteriori un conjunto de funcionalidades, entre las que destacamos:

- *Predicción y Alarmas*: predicción del comportamiento y generación de alarmas
- *Acción*: ejecución de actuadores específicos a partir de las alarmas

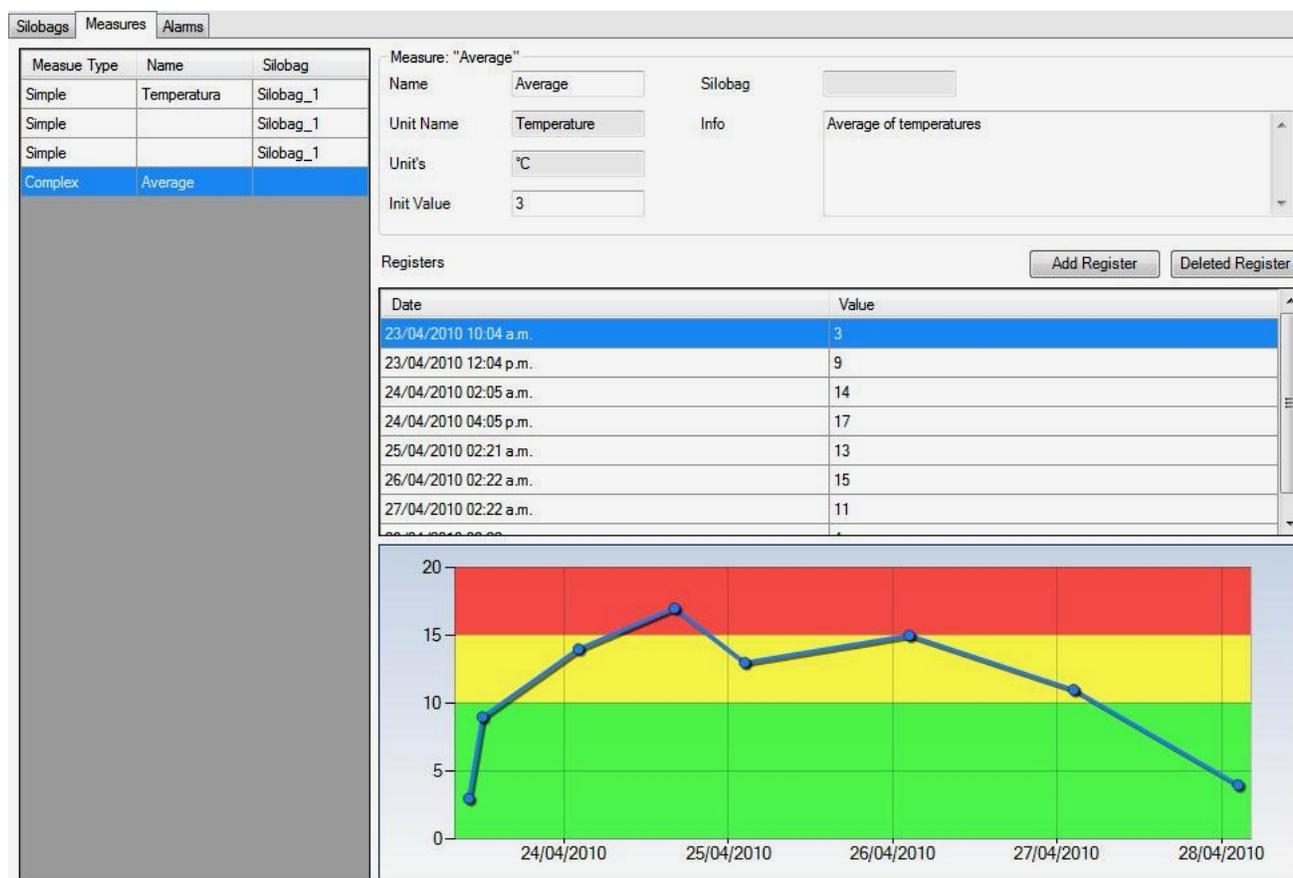


Figura 7: Interfaz con medidas y resultado de registros

6. Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo presentamos una infraestructura para la construcción de sistemas de monitoreo y adaptación automática de las condiciones internas de almacenamiento de granos en silos bolsa. Dicha infraestructura se construye sobre la base de técnicas modernas de Ingeniería de Software, a fin de favorecer su productividad, portabilidad y facilidad de mantenimiento. Los sistemas generados permiten registrar mediciones de las condiciones internas de los silos bolsa utilizando sensores, monitorear la evolución de estas condiciones y adaptar las mismas utilizando dispositivos específicos para este propósito.

La construcción de la infraestructura se basó en una adecuada separación de roles entre los diferentes participantes del proceso. Para ello se definió un DSL que permite a un modelador determinar una configuración específica de un sistema de monitoreo particular y generarlo automáticamente. El sistema generado será utilizado por el productor rural para monitorear y adaptar las condiciones de los silos bolsa, sin que para ello sea necesario conocimiento alguno, por parte de éste, de informática ni del DSL utilizado.

Dada la independencia entre los modelos y el código, la metodología DSM soporta naturalmente la evolución de la arquitectura subyacente (plataforma de ejecución e infraestructura de dominio) sobre la cual se implementan los sistemas, reutilizando en su totalidad o en gran parte los modelos generados. De este modo, el software especificado es atemporal en términos tecnológicos y las representaciones de alto nivel que lo definen siguen siendo válidas mientras el dominio del problema siga siendo el mismo. La proximidad modelo-dominio también tiene como ventaja el hecho de que los modelos funcionen como artefactos tanto de captura de requerimientos como de especificación de software. En consecuencia, los clientes (productores rurales) pueden participar con mayor actividad en el desarrollo.

Debido a que el código fuente es generado automáticamente, dicho código puede suponerse libre de errores y eficiente en el uso de recursos de ejecución y memoria, por lo que no necesita ser modificado u optimizado. Adicionalmente, todo el código generado seguirá un único estilo de programación y diseño. La faceta desfavorable de esta propuesta consiste en que es necesario invertir trabajo extra en el desarrollo de los componentes de la arquitectura de DSM (meta-modelos, herramientas, generadores, infraestructura de dominio, etc.). Este esfuerzo inicial puede ser amortizado considerablemente debido al incremento en la productividad en el desarrollo alcanzado y el costo disminuye proporcionalmente a la cantidad de “repeticiones” que se tenga en los desarrollos de software llevados a cabo dentro del mismo dominio.

El DSL es lo suficientemente extensible como para incorporar en un futuro diferentes tipos de sensores, actuadores y medidas a ser extraídas. Además, la infraestructura ha sido diseñada para incorporar predicción del comportamiento de las condiciones internas de los silos bolsa, generación de alarmas ante ciertos comportamientos riesgosos y ejecución de actuadores específicos a partir de las alarmas configuradas.

El objetivo a mediano plazo es contar con una infraestructura para la generación de sistemas inteligentes de bajo costo para el monitoreo y adaptación automática de las condiciones internas de los granos almacenados en silos bolsa. En la búsqueda de alcanzar este objetivo, está planificada la incorporación de sensores inalámbricos de temperatura y humedad, así como de algún tipo actuador (por ejemplo un ventilador) y la inclusión del modelo matemático para la predicción del comportamiento de la humedad y la temperatura, desarrollado para este proyecto.

Consideramos que dada la importancia y difusión que tienen actualmente los silos bolsa en países de la región, éste constituye un aporte relevante que, a través de la incorporación de tecnología, permitirá mejorar las condiciones de almacenamiento de granos en silos bolsa, detectar condiciones riesgosas de acopio, actuar para mejorar factores críticos y como consecuencia, extender el tiempo de conservación de la producción, sin degradar la calidad de la misma.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por Microsoft® a través del programa LACCIR RFP00208 Research Founding Initiative.

Referencias

- [1] R. Bartosik, J. Rodriguez, H. Malinarich, D. Maier. "Silobag": evaluation of a new technique for temporary storage of wheat in the field. Proc. 8th International Working Conference on Stored Product Protection, pp 1018-1023. CAB International, 2002
- [2] Proyecto "Low Cost Computer-Based System for Quality Evaluation and preservation of Grains Stored in Polymere Bags". Latin American and Caribbean Collaborative ICT Research (LACCIR). <http://www.lifia.info.unlp.edu.ar/laccir/> (ultimo acceso mayo 2010)
- [3] J. Pons, J. Marinissen, C. Pons, S. Oriente. Características Higroscópicas de Forrajes Almacenados en Bolsas Plásticas. 1er Congreso Argentino de AgroInformática. Mar del Plata, Argentina, 2009
- [4] A. Fueyo, J. Epeloa. Medidor Inalámbrico de Temperatura y Humedad Intergranaria para Silo Bolsa. Progress Report, Universidad Nacional de la Plata, Argentina
- [5] S. Kent. Model-Driven Engineering. LNCS, vol 2335, pp 286-298. Springer, 2002
- [6] S. Kelly, J. Tolvanen. Domain Specific Modeling: Enabling Full Code Generation. 2008. Wiley-IEEE Computer Society, ISBN 0470036664, 2008
- [7] S. Cook, G. Jones, S. Kent, A. Wills. Domain-Specific Development with Visual Studio DSL Tools. Addison-Wesley Professional, ISBN 9780321398208, 2007
- [8] UML 2.0 Superstructure. Formal Specification, formal/05-07-04. Object Management Group, 2005.
- [9] T4 Toolbox. <http://t4toolbox.codeplex.com/> (último acceso: mayo 2010)