

Aplicación del Estándar ISA88 en el Modelado del Proceso de Producción de Azúcar en un Central Azucarero

Edgar Alfonso Chacón R.

Laboratorio de Sistemas Distribuidos y Automatización Industrial, Escuela de Ingeniería de Sistemas,
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, echacon@ula.ve.

Ibelsy Victoria Rondón M.

Laboratorio de Sistemas Distribuidos y Automatización Industrial, Escuela de Ingeniería de Sistemas,
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, ibelsy@ula.ve.

Karla Rossa Quintero G.

Laboratorio de Sistemas Distribuidos y Automatización Industrial, Escuela de Ingeniería de Sistemas,
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, karlaquintero@ula.ve.

Oscar Amaury Rojas A.

Grupo de I+D en Automática Industrial, Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control, Universidad
del Cauca, Popayán, Colombia, orojas@unicauca.edu.co.

RESUMEN

En este artículo se presenta el modelado del proceso de producción de azúcar en un central azucarero con referencia en el estándar ISA88, permitiendo de esta manera diagnosticar la empresa, establecer claramente las características del sistema de producción, así como especificar formalmente los procedimientos y sus métodos de producción dentro de un esquema de integración del sistema empresarial. De esta manera, se realiza la jerarquización de los activos físicos con un alto grado de independencia con sus actividades de procesamiento con el objetivo de obtener la flexibilidad requerida en el uso óptimo de los recursos y habilitar la construcción de instrucciones genéricas. El trabajo permite evidenciar cómo al acogerse a los estándares de integración empresarial, las empresas del sector azucarero obtienen la organización estructurada de su información, así como una reducción en los esfuerzos y en el tiempo de desarrollo de sus proyectos.

Palabras Clave: Integración de Sistemas Empresariales, Modelado de Sistemas de Producción, Control y Planificación de la Producción, ISA88, Control de Procesos Batch.

ABSTRACT

This paper presents the modeling of the sugar production process in a sugar mill with reference to the ISA88 standard enabling to perform a diagnose of the enterprise, to establish clearly the characteristics of the production system and to specify formally the procedures and their production methods within a framework of enterprise system integration. In this way, the modularization of physical assets is performed with a high degree of independence from its processing activities in order to obtain the required flexibility on the optimal use of resources and enable the construction of generic instructions. This work shows that sugar companies obtain a structured and organized information as well as a reduction in effort and time in developing their projects when they use the enterprise integration standards.

Keywords: Enterprise System Integration, Production Planning and Control, Production Systems Modeling, ISA88, Batch Control.

1. INTRODUCCIÓN

Los aspectos de automatización se han extendido en todos los niveles de las organizaciones dentro del sector industrial ampliando los conceptos y requerimientos más allá del lazo de control y de las máquinas, hasta afectar los procesos de negocios de toda la empresa. Por tanto, la búsqueda de una automatización integral se impone; y ésta debe tomar en cuenta diferentes aspectos además del proceso mismo, como la estructura organizativa de la empresa, sus recursos, la gestión de los insumos y equipos, y las relaciones de estos elementos con todos los procesos administrativos (Vernadat, 2002).

De esta manera, los procesos de integración empresarial dependen del conocimiento y del flujo libre pero controlado de la información y la coordinación de las actividades de la empresa; por tanto, es fundamental identificar claramente los recursos, procedimientos y actividades que deben considerarse esenciales para el modelado del proceso de producción y la consolidación de su información, donde el propósito de encontrar una forma de abordar la complejidad del ambiente de manufactura se considera relevante para el posicionamiento de la empresa (Chacón et al., 2004).

Adicionalmente, teniendo en cuenta las políticas económicas, la globalización y el creciente desarrollo de la automatización de los procesos agroindustriales, se hace necesario que las empresas del sector azucarero apliquen de manera adecuada nuevas técnicas, herramientas, métodos y metodologías para hacer frente a la complejidad de sus sistemas de producción, haciéndose obligante aprovechar al máximo el flujo de información de los procesos de negocios de la empresa con el objetivo de lograr productividad y competitividad (Chacón et al., 2006).

Debido a sus antecedentes y a la gran acogida que ha tenido a nivel mundial el estándar ISA88 al ofrecer una terminología estándar y definir buenas prácticas para el diseño, control y la operación de procesos de producción, los requerimientos planteados en el central azucarero fueron abordados teniendo en cuenta todas las recomendaciones y lineamientos establecidos en este estándar.

En proyectos de integración en los cuales es utilizado el estándar ISA88, es necesario realizar la etapa de modelado y posterior a ella una etapa de estructuración de la información haciendo uso de los esquemas BatchML definidos por el World Batch Forum (WBF). Es así como en este artículo se presentan los resultados de la etapa de modelado del proceso de producción del central azucarero mediante la aplicación del estándar ISA88 y la instancia de los documentos BatchML, buscando facilitar en un futuro cercano el desarrollo de la etapa de implementación. En la sección 2 del presente artículo se presenta el modelo de la cadena de valor del proceso de producción del central azucarero, en la sección 3 se explica detalladamente la aplicación de los modelos definidos en el estándar ISA88 para obtener un esquema común y consistente en el diseño y la operación del proceso de producción del central azucarero y finalmente en la sección 4 se incluyen las conclusiones del trabajo.

2. PROCESO DE PRODUCCIÓN

Con el objetivo de obtener una mayor claridad en el sistema de producción del central azucarero se recurre a establecer el modelo de cadena de valor del proceso, el cual ofrece un esquema de descomposición horizontal basado en el flujo de conocimientos, productos e informaciones entre las unidades de producción del mismo nivel de la empresa, los cuales deben estar orientadas a satisfacer las necesidades del cliente y cumplir con los propósitos y las metas de la organización.

El uso de las cadenas de valor corresponde a la base para desarrollar los modelos de las diferentes reglas de negocios de la empresa, debido a que, de acuerdo con su organigrama funcional las distintas unidades de producción realizan actividades complementarias donde la información de una depende de la información de la otra. En la figura 1, se muestra el desarrollo de la cadena de valor del central azucarero (Chacón et al., 2007).

Con la información obtenida después de realizar el estudio de la cadena de valor, se está en capacidad de identificar plenamente el proceso de producción de tal forma que se puedan definir todas las operaciones a desarrollar y determinar las necesidades, puntos críticos y límites del sistema de producción. Adicionalmente, es importante identificar las capacidades de almacenamiento y procesamiento de los equipos que están involucrados en cada una de las fases de la cadena de valor, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico de la empresa,

en el que se debe tener en cuenta la visión de la organización respecto a la incorporación de nuevas tecnologías y la posibilidad de esquemas organizativos más planos y reactivos (Chacón et al., 2008).

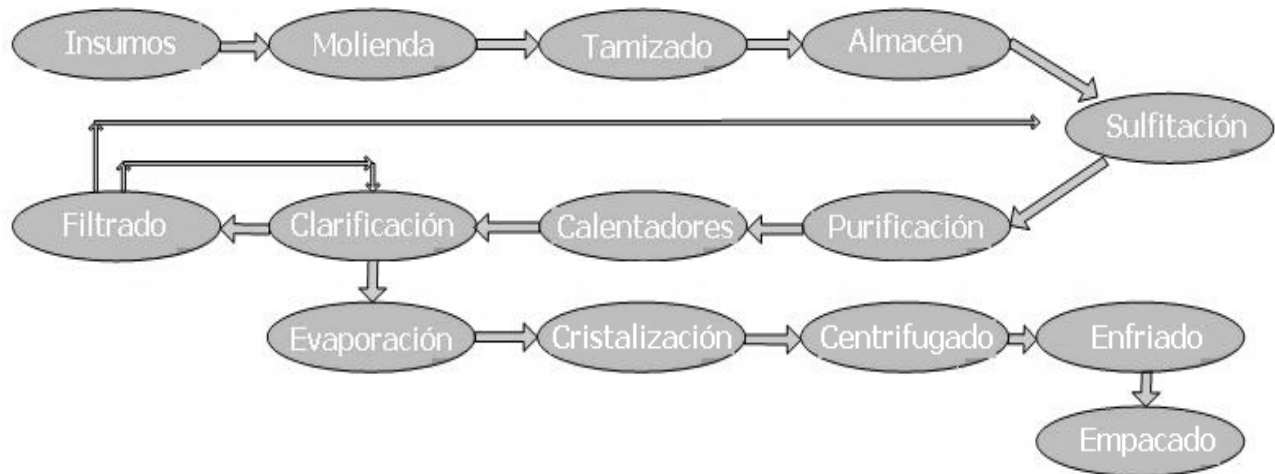


Figura 1. Cadena de valor del proceso de producción del central azucarero.

3. MODELADO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN CON REFERENCIA AL ESTÁNDAR ISA88

En el estándar ISA88 se define que un proceso Batch es un sistema que induce la producción de cantidades finitas de material, sometiendo a las cantidades de material de entrada a un conjunto ordenado de actividades de procesamiento sobre un periodo finito de tiempo, usando uno o más recursos (ISA88, 1995). De igual manera, en este estándar se ha definido la terminología y los modelos para ayudar a especificar los recursos disponibles, las recetas y las fases necesarias para la fabricación de un producto en un sistema de producción. Estos modelos corresponden al Modelo Físico, el Modelo de Control de Procedimientos, el Modelo de Proceso y el Modelo de Actividades de Control. A continuación se presenta la aplicación detallada del Modelo Físico, el Modelo de Control de Procedimientos y el Modelo de Proceso definidos en el estándar ISA88 para obtener un esquema común y consistente en el diseño y la operación del proceso de producción del central azucarero.

MODELO FÍSICO

Uno de los aspectos más críticos en un proyecto de automatización es la jerarquización del proceso y el grado de independencia que se logre entre sus actividades de procesamiento, lo cual convierte a la división física del sistema en una actividad compleja y altamente dependiente de los requerimientos del medio específico donde se realiza el proceso de producción. Es así como, una subdivisión inconsistente o inapropiada puede comprometer la efectividad de la implementación modular de los procesos de producción detallados en las recetas (Rojas y Chacón, 2007).

El principal objetivo del Modelo Físico propuesto por el estándar ISA88 es estructurar los activos físicos de la empresa, incluyendo los equipos, el talento humano y el financiero. Esta subdivisión debe realizarse teniendo en cuenta las características y perfiles de los recursos que se requieren para desarrollar cada una de las operaciones y acciones del proceso de producción, debiéndose identificar claramente la capacidad de procesamiento, almacenamiento y la función específica que cumplen dentro de la cadena de valor. Es así como, el modelo físico del estándar ISA88 define una jerarquía de equipos, específicamente utilizados en el proceso de producción, agrupando los recursos de la empresa con referencia a siete niveles tal como se muestra en la figura 2. Los tres niveles superiores (Empresa, Sitio y Área) se encuentran fuera del enfoque del estándar ISA88 debido a que son los encargados de soportar las decisiones corporativas de la empresa. Por lo tanto, en el estándar se jerarquizan los equipos de la empresa en términos de células, unidades, módulos de equipo y módulos de control.

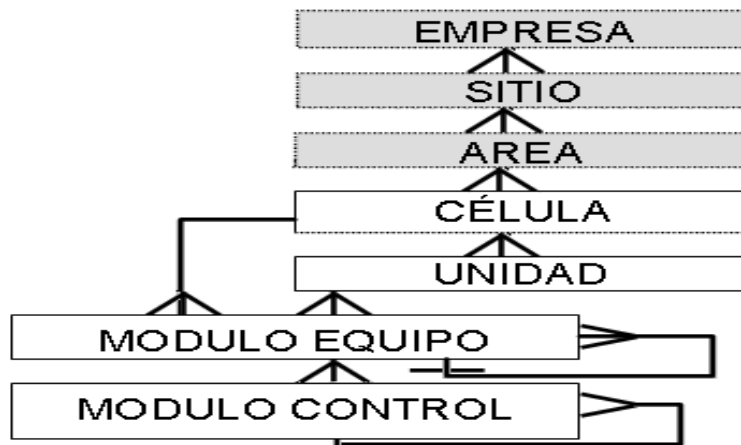


Figura 2. Modelo Físico ISA88.

En el nivel de abstracción utilizado para modelar el proceso de producción del central azucarero se ha considerado el conjunto de activos físicos asociados a toda la cadena de valor como una sola célula y a partir de esta, se clasifican todos los demás componentes físicos hasta llegar a identificar los recursos más elementales, definiéndose de esta manera los módulos de control. Este enfoque, permite estructurar los recursos de la empresa de forma completa, evitando un énfasis exagerado y poco útil en la definición de detalles mínimos asociados a los niveles inferiores de la jerarquía de equipos. Es así como se obtiene el modelo físico del central azucarero que se muestra en la Figura 3.

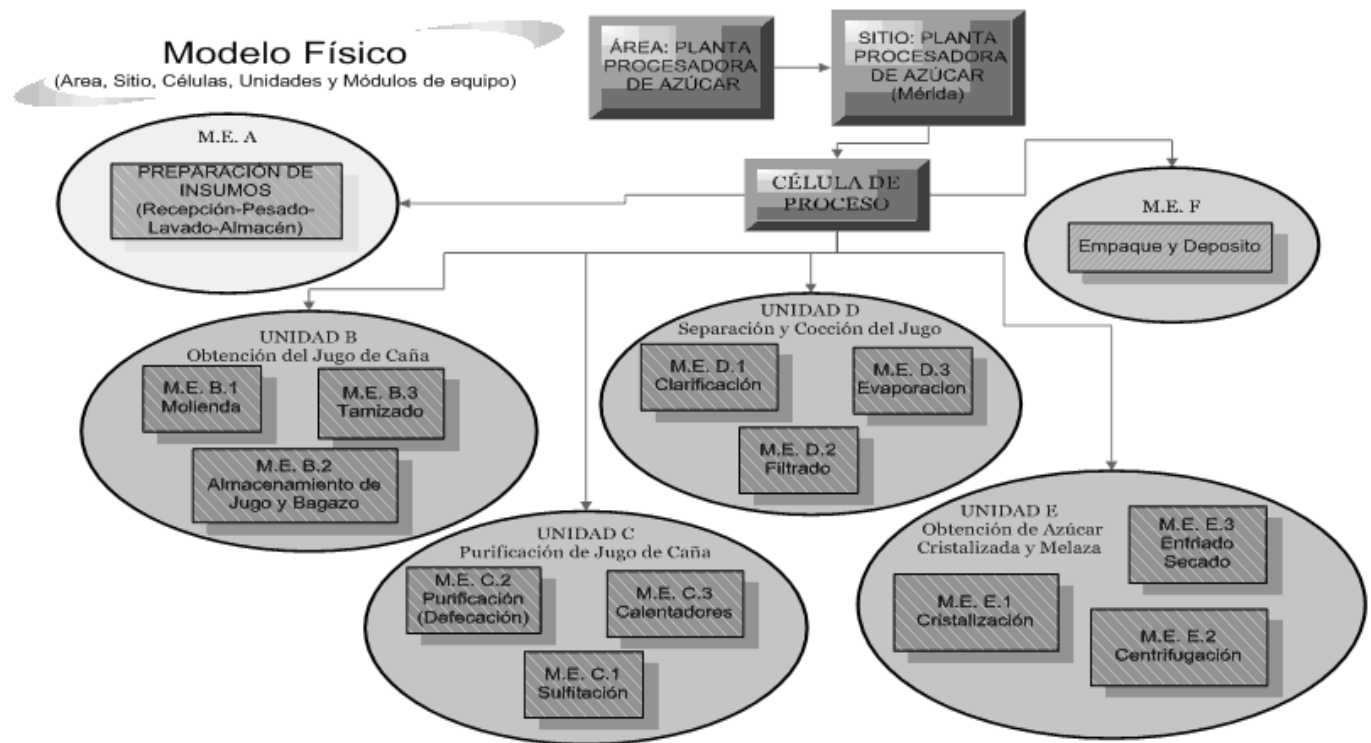


Figura 3. Modelo Físico ISA88 aplicado al central azucarero.

Con la identificación general de la célula de proceso mostrada en la figura 3, se procede a realizar la identificación de cada una de las cuatro (4) unidades que la componen, para obtener la jerarquía dada por los módulos de equipo y los módulos de control. A manera de ejemplo, en la figura 4 se presenta el modelo físico de la Unidad B correspondiente a la obtención del Jugo de Caña.

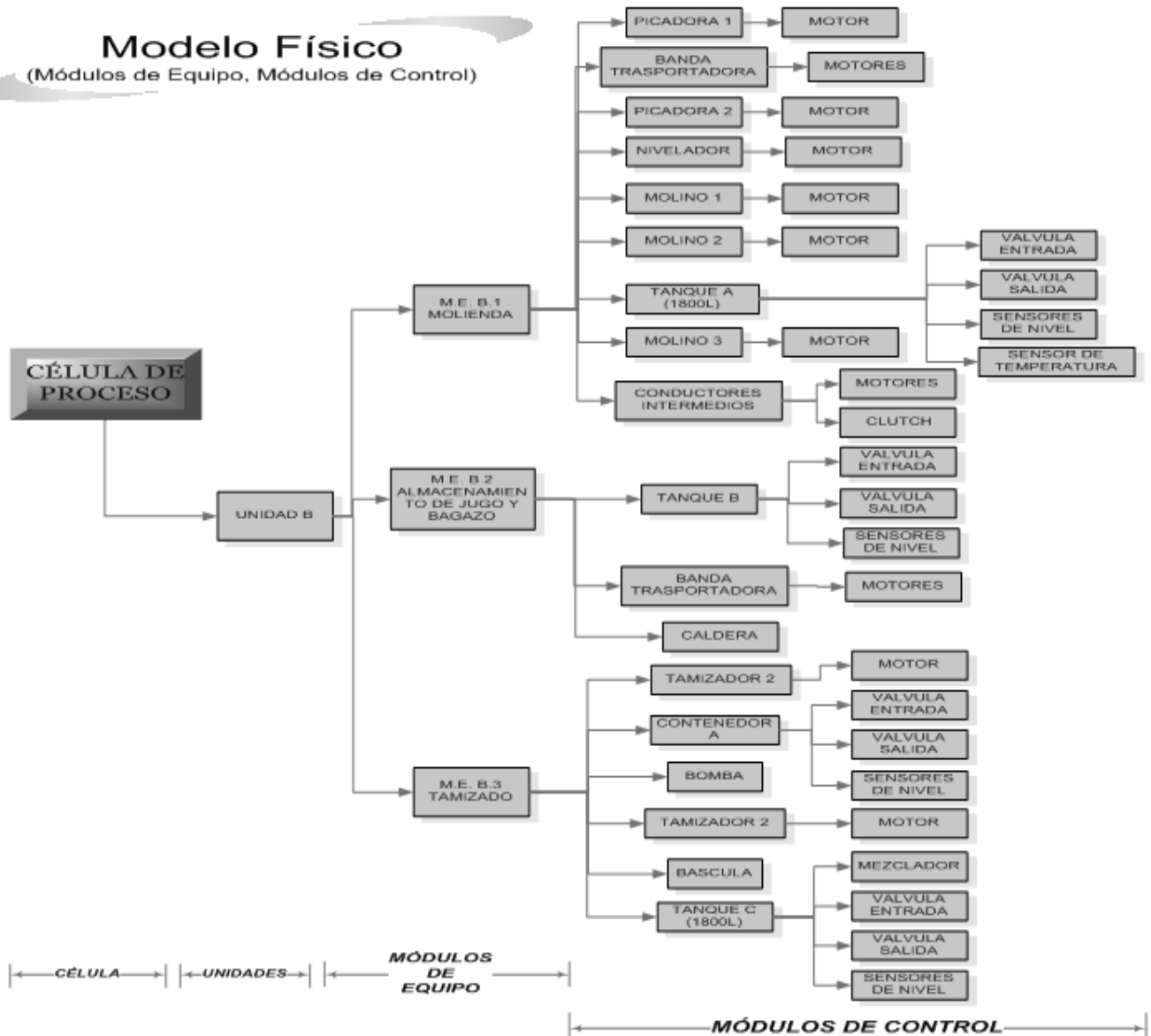


Figura 4. Modelo Físico de la unidad de obtención de jugo de caña en el central azucarero.

MODELO DE CONTROL DE PROCEDIMIENTO

Mediante el Modelo de Control de Procedimiento del estándar ISA88 se especifican las acciones que se deben ejecutar en los equipos a través de secuencias ordenadas, las cuales permiten llevar a cabo una acción orientada al proceso para la obtención de un producto. Estas acciones se agrupan en estructuras que permiten modelar y especificar de manera adecuada una receta, la cual será ejecutada sobre el conjunto de equipos definidos en el modelo físico (Rojas y Chacón, 2007). Las acciones de control están estructuradas en niveles jerárquicos dependiendo de su complejidad, por tanto este modelo está compuesto de: Procedimientos, que constituyen el nivel mas alto de la jerarquía; Procedimientos de unidad, correspondiente a las actividades que se ejecutan completamente dentro de una unidad; Operaciones, que relaciona el orden específico de fases que define una secuencia de proceso especializado; y Fases, que corresponden al componente mas bajo de la jerarquía y se encargan de la ejecución del control básico (ISA88, 1995).

De esta manera, el modelo de control de procedimientos definido en el estándar ISA88 esta diseñado para habilitar la construcción de series genéricas de instrucciones, las cuales pueden ser usadas de manera recursiva permitiendo la definición y fabricación de diversidad de productos. Para la construcción de estas instrucciones genéricas en el central azucarero, se procede a realizar el modelado de las jerarquías de procedimientos mediante su representación en GRAFCET (IEC 848, 1988), como una herramienta para el modelado de sistemas a eventos discretos, ya que consiste en una secuencia de actividades que se deben llevar a cabo en el proceso de producción en un orden cronológico y de acuerdo a cierta lógica con el objetivo de obtener el producto final deseado.

Para la obtención del modelo de control de procedimiento en el central azucarero se ha tenido correspondencia con el nivel de abstracción planteado en el modelo físico del proceso, en el cual se delimitó una sola célula de proceso que cuenta con cuatro (4) unidades. Por lo tanto, sobre cada unidad del modelo físico se definirá un procedimiento de unidad, modelada con GRAFCET, donde cada etapa corresponderá a una operación, la cual tendrá su respectivo modelo en GRAFCET; delimitándose las actividades que se deben realizar en cada módulo de equipo. Cada una de las etapas de la operación recibe el nombre de fase y tendrá asociado un parámetro que establece la acción específica a ejecutar. De esta manera se mantiene la jerarquía del modelo de control de procedimientos, con el nivel de detalle adecuado para el proceso de producción del central azucarero, la cual se muestra en la figura 5.

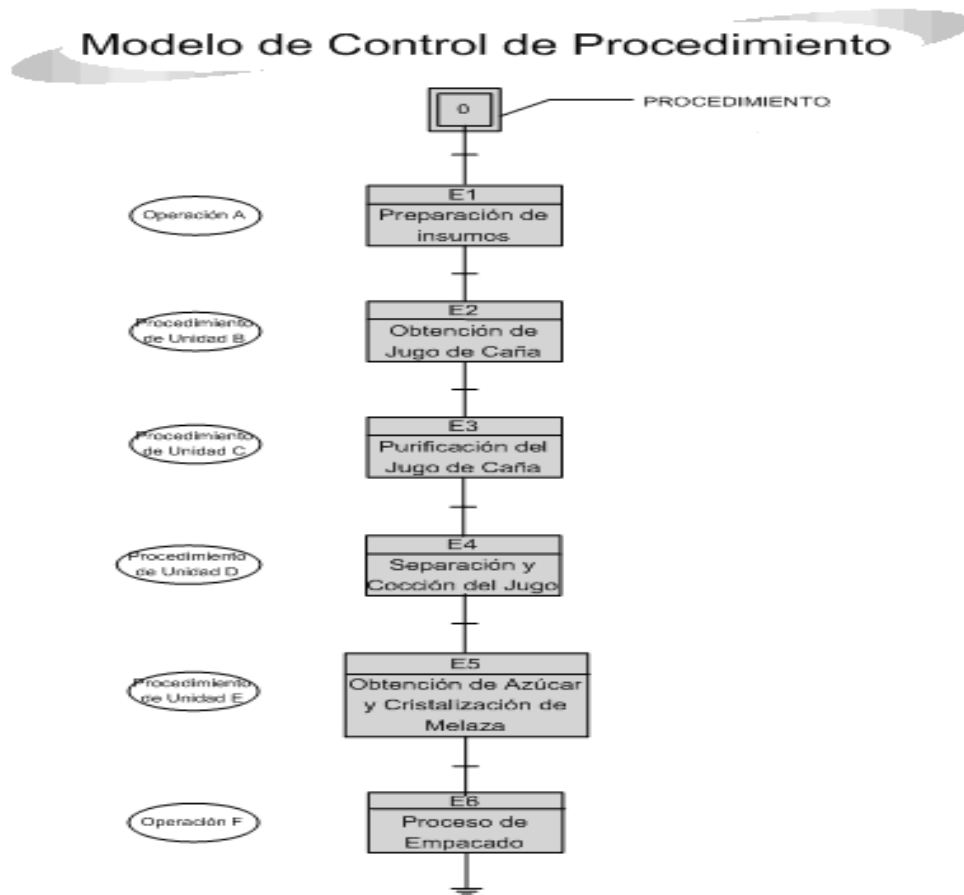


Figura 5. Modelo de Control de Procedimiento ISA88 aplicado al central azucarero.

Con la identificación general de los procedimientos de unidad del central azucarero mostrados en la figura 5, se procede a realizar el modelado para cada unidad de la célula de proceso, en la cual se evidencia la jerarquía de operaciones y fases. A manera de ejemplo, en la figura 6 se presenta el modelo de procedimiento de la Unidad B correspondiente a la obtención del Jugo de Caña.

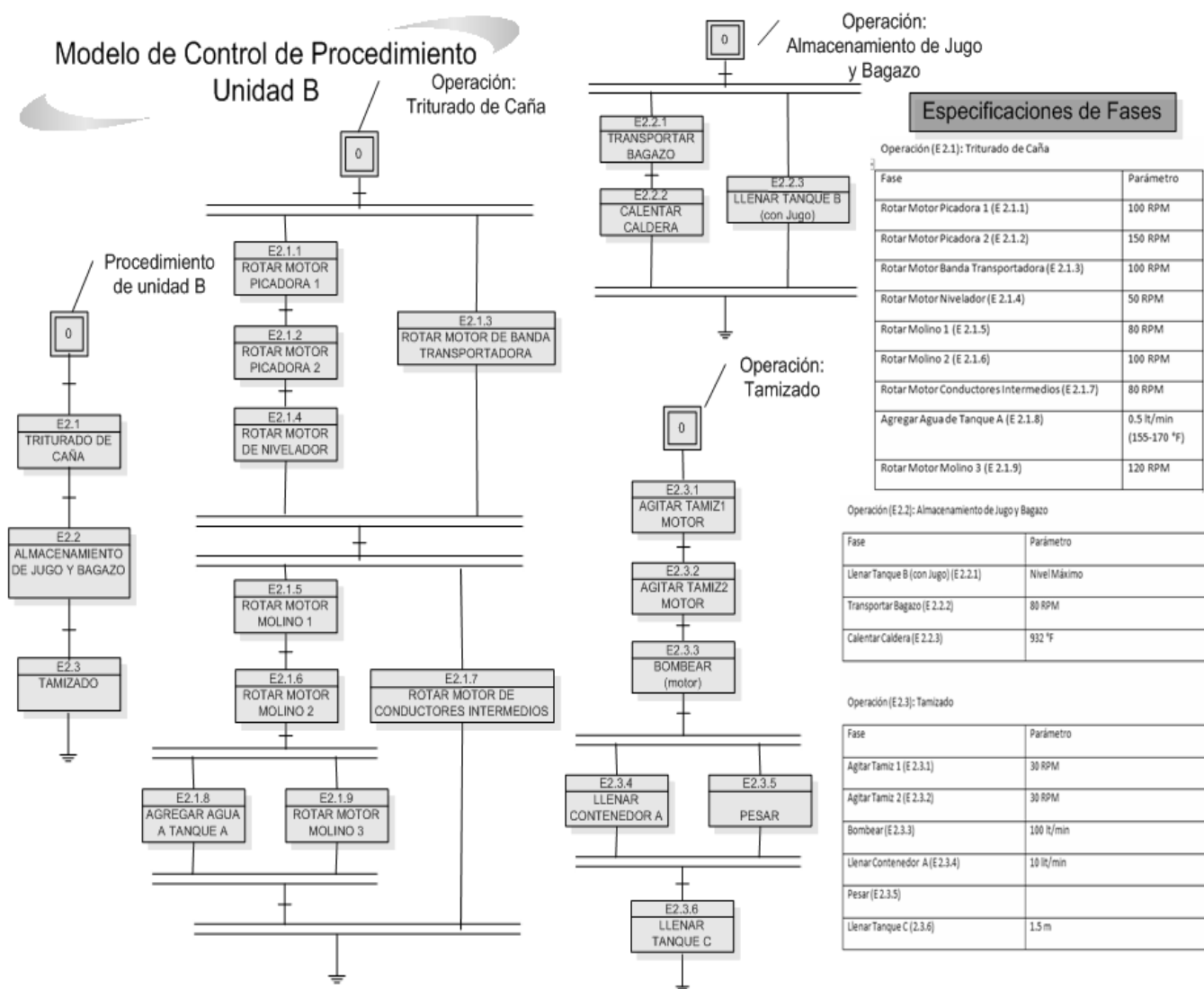


Figura 6. Modelo de Control de Procedimiento de la unidad de obtención de jugo de caña en el central azucarero.

MODELO DE PROCESO

El modelo de proceso del estándar ISA88 tiene como objetivo especificar las actividades que se llevarán a cabo en la planta y el orden en que se realizarán, asociando a cada una de estas, los equipos necesarios, ya contenidos en el modelo físico de la empresa (ISA88, 1995). En función de estos activos físicos, se realizan los ajustes necesarios en el modelo control de procedimiento de manera que se obtenga el máximo aprovechamiento de los recursos de la empresa, en aras de obtener el producto deseado con la calidad requerida.

El estándar ISA88 estructura el modelo de proceso según la jerarquía: Proceso, Etapa de Proceso, Operación de Proceso y Acciones de Proceso, tal como se muestra en la Figura 7, en la cual se evidencia que un Proceso resulta de la ejecución de un Procedimiento sobre una Célula; de forma análoga, una Etapa de Proceso resulta de la ejecución de un Procedimiento de Unidad sobre una Unidad. Así sucesivamente, cada nivel del Modelo de Proceso está asociado a un nivel específico del Modelo Físico y del Modelo de Control de Procedimientos. De esta manera, las Operaciones de Proceso resultan de la ejecución de Operaciones sobre Unidades y las Acciones de Proceso pueden resultar de la ejecución de Fases sobre Unidades o sobre Módulos de Equipo.

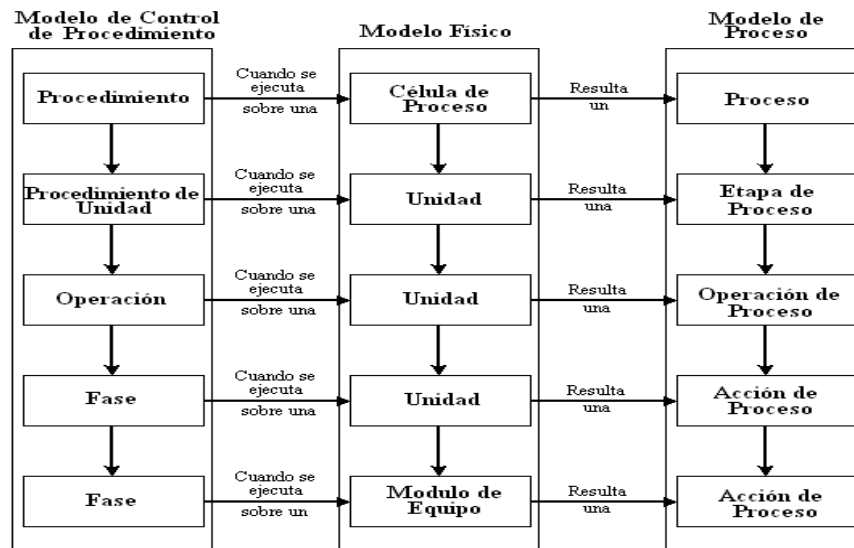


Figura 7. Modelo de Proceso del estándar ISA88.

Para obtener el modelo de proceso del central azucarero se realizó un mapeo entre el modelo de control de procedimiento y el modelo físico, en el cual el nivel de abstracción está determinado por el enfoque dado a los dos modelos anteriores. Por lo tanto, se procedió a relacionar cada Unidad del central azucarero con su correspondiente Procedimiento de Unidad, cada Unidad con sus correspondientes Operaciones, así como las Fases con sus Módulos de equipo existentes en el modelo físico del sistema de producción.

A manera de ejemplo, en la Figura 8 se presenta la estructura del modelo de proceso correspondiente a una parte del procedimiento de la Unidad B, en la que se realiza la obtención del Jugo de Caña.

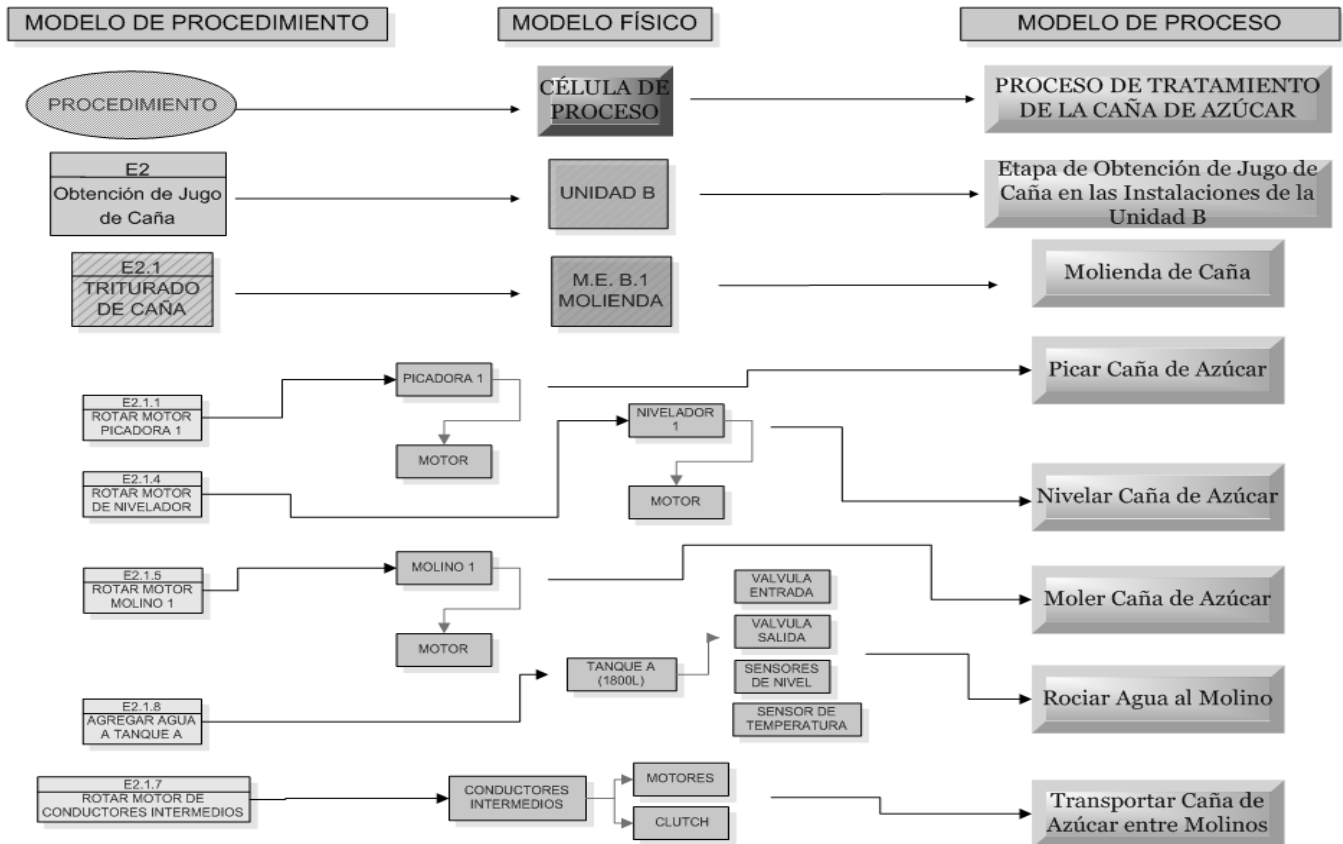


Figura 8. Componente del Modelo de Proceso de la unidad de jugo de caña del central azucarero.

Teniéndose los modelos del proceso de producción del central azucarero se procedió a elaborar el documento de la Receta Maestra, el cual permitirá una eficiente comunicación entre los diferentes sistemas de información que generan y administran los datos de producción de la empresa, facilitando a los diferentes niveles de negocios comunicar los requerimientos de producción y conocer el desempeño de las operaciones de transformación de materia prima en producto terminado. Para obtener el documento de la Receta Maestra del sistema de producción se procede a instanciar el esquema Batch Markup Language - BatchML referenciado por el World Batch Forum – WBF. Los esquemas BatchML son documentos XML (Extensible Markup Lenguaje o Lenguaje de Mercado Extensible), los cuales definen tipos y elementos simples o complejos para recetas, y los equipos comúnmente encontrados en aplicaciones de administración de procesos de producción (WBF, 2002).

La Receta Maestra contiene la información específica del producto, estableciendo los detalles de la programación de la producción, lo cual incluye información de las entradas al proceso, parámetros internos, salidas del proceso, y requerimientos de equipos. Es así como, esta receta corresponde a un nivel obligatorio dentro de la empresa, pues sin esta no se tiene la información necesaria y adecuada para obtener el producto (Rojas y Chacón, 2007).

En la estructuración de la información de la Receta Maestra para el central azucarero mostrada en la Figura 9, se ha tenido en cuenta que esta receta debe tener la capacidad de ajustarse a las propiedades de los diferentes equipos disponibles en la célula de proceso con el fin de asegurar el correcto procesamiento del producto dentro de la cadena de valor del proceso.

ID	RecipeElementID	RecipeElement...	Description
1	33	grua cañera	la grua cañera descarga la caña sobre la báscula para que la misma sea pesada
2	34	Báscula 2	Pesa la caña
3	35	Aspersores	Rocían agua sobre la caña
4	1 y 3	picadoras 1 y 2	semi trituran la caña
5	4	nivelador	canaliza de forma uniforme la caña
6	5, 6 y 8	molinos 1, 2 y 3	extraen el jugo de caña
7	5, 6 y 8	Caldera	Queman el bagazo
8	10	tanque B	almacena el jugo proveniente de los molinos
9	12,15	Tamices	filtran el jugo
10	16	Contenedor A	se almacena jugo para ser pesado
11	21	Hornos Rotativos	se quema azufre

Figura 9. Instancia del modelo de Receta Maestra en BatchML del central azucarero.

4. CONCLUSIONES

En el artículo presentado se evidencia como la adecuada jerarquización de los activos físicos existentes en el proceso y el grado de independencia que se logre entre sus actividades de procesamiento es un aspecto fundamental en la aplicación del estándar ISA88, debido a que se traducirá en flexibilidad para el sistema de producción, reducción en la complejidad de la receta, organización óptima de la información de los métodos de producción y la reducción en el tiempo de especificación del sistema y por tanto en el tiempo de desarrollo del

proyecto de ingeniería. Estos aspectos se convierten en elementos relevantes en el momento de abordar los proyectos de automatización en las empresas del sector azucarero para enfrentar su complejidad y aprovechar al máximo el conocimiento de su sistema productivo.

A través del Modelo del Proceso del central azucarero se ha obtenido una descripción detallada del proceso de producción y su interacción con los demás componentes del sistema, permitiendo identificar y caracterizar los componentes software y las tecnologías de información y comunicaciones necesarias en las fases de implementación del control, supervisión y gestión del proceso de producción.

La obtención del documento de la Receta Maestra es un componente fundamental para el proceso de producción del central azucarero, debido a que relaciona la información detallada y precisa de las especificaciones para indicarle al sistema de control el procedimiento y los recursos necesarios para procesar los materiales hasta alcanzar el producto final deseado. Usualmente se tiene una receta maestra para cada producto, pero es posible definir varias fórmulas para elaborar diferentes productos en una misma célula de proceso, de esta manera se puede incrementar la flexibilidad de central azucarero.

Los procedimientos presentados en el artículo para aplicar los modelos del estándar ISA88 no se encuentran restringidos al nivel de automatización del central azucarero, y es precisamente a través de la descripción del proceso mediante la cadena de valor que se tiene una herramienta de análisis para soportar el diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Las ventajas de la aplicación de estándares internacionales de integración empresarial como ISA88 en los procesos de producción agroindustriales se verán reflejados en los diferentes niveles de la empresa, comenzando por la fabricación del producto hasta llegar al ámbito del sistema de ejecución de manufactura y de planeación de recursos empresariales.

REFERENCIAS

- Chacón, E; Besembel, I; y Hennect, J. (2004). Coordination and optimization in oil and gas production complexes. *Computers in Industry* 53: 17–37.
- Chacón, E; Velasco, J.M. y Rojas, O. (2006). Principios de una metodología para integración empresarial bajo un enfoque holónico. *Memorias del XII Latin American Congress on Automation Control*, Salvador, Brasil.
- Chacón, E; Cardillo, J; Chacón, R; Gutierrez, D y Perez, A. (2007). Manual de requerimientos de automatización del Complejo Agroindustrial Azucarero Ezequiel Zamora. *Janus Sistemas, C.A.* Mérida, Venezuela.
- Chacón, E; Cardillo, J; Chacón, R; Gutierrez, D y Rojas, O. (2008). Metodología para la automatización integrada de procesos de producción basada en el enfoque holónico. *Memorias del XIII Latin American Congress on Automation Control*, Mérida, Venezuela.
- IEC 848 (1988). Établissement des diagrammes fonctionnels pour systèmes de commande. *Comisión Electrotécnica Internacional*.
- ISA88 (1995). Batch Control, Part 1: Models and Terminology. *International Society of Automation*.
- Rojas, O y Chacón (2007). E. Procesos Batch. Reporte Técnico *Laboratorio de Sistemas Discretos y Automatización Industrial - LaSDAI*. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Vernadat, F.B. (2002). Enterprise modeling and integration (EMI): current status and research perspectives. *Annual Reviews in Control*, 26: 15-25.
- WBF (2002). Batch Markup Language – BatchML. *World Batch Forum*.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.