

Gestión del control de fabricación de rines de aluminio mediante el concepto Actor de Empresa

DIANA JIMENA LÓPEZ MESA⁽¹⁾, VALENTINA SÁNCHEZ⁽²⁾, DIEGO FERNANDO RIVERA⁽³⁾,
EDWAR GUILLERMO VELASCO⁽⁴⁾, JOSÉ MANUEL GUAÑARITA⁽⁵⁾

(1) dlopez@unicomfaucauca.edu.co

Docente Investigadora, Corporación Universitaria Comfaucauca
Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes

(2) vale320@hotmail.es

(3) dfrv2411@hotmail.com

(4) edwar1297@hotmail.com

(5) josemanuelgc@hotmail.com

Estudiantes de Ingeniería Mecatrónica
Semillero de Investigación en Mecatrónica
Corporación Universitaria Comfaucauca

Gestión del control de fabricación de rines de aluminio mediante el concepto Actor de Empresa

RESUMEN

Palabras clave:

Calidad; diseño; producción; modelo Actor de Empresa; control de la fabricación; automatización Industrial; Integración empresarial

Este artículo presenta la gestión de las actividades relacionadas con la calidad, diseño y control de fabricación enfocadas en el proceso productivo de rines de aluminio. Para lograr este objetivo se hace uso de un nuevo modelo de integración empresarial denominado MADE- Modelo Actor de Empresa. Este modelo ha sido aplicado con éxito en otros procesos de producción, por lo cual, asegura la creación y aplicación de estrategias que mejoran el desempeño de las funciones empresariales.

I. INTRODUCCIÓN

La rueda, ha sido uno de los principales inventos de la humanidad debido a sus aplicaciones en múltiples actividades de la cotidianidad del hombre. Una parte fundamental para que esta creación produzca resultados efectivos en los fines propuestos es el rin [1]. La historia se remonta a los primeros rines que se fabricaron en madera y se utilizaron para los vagones del ferrocarril con el objetivo de evitar la entrada del polvo y la salida de la grasa de la rueda. En 1930, Cadillac comenzó a fabricar sus vehículos con rines más grandes que cubrían la mayor parte de la rueda, lo que convirtió estos accesorios en símbolo de riqueza y de poder [2]. Con el transcurrir del tiempo, los rines se han constituido en una parte imprescindible para cada tipo de vehículo como: autos, motos, aviones, bicicletas, entre otros. El rin, sostiene todo el peso de la maquinaria, por tanto, debe ser fabricado con un material adecuado, y debe ser diseñado a través de técnicas computacionales que garanticen la calidad del producto.

Existe una gran variedad de rines, los más comunes son los de acero, magnesio y aluminio. Este trabajo se concentra específicamente en el proceso productivo de rines de aluminio, ya que en los últimos años, su demanda ha aumentado notablemente, siendo este tipo, uno de los más importantes del mercado, gracias a su alta calidad, diseño y economía [1]. Dada la importancia actual de este proceso productivo, es necesario buscar nuevas herramientas que permitan la optimización de sus funciones empresariales, integrando la línea de producción a los procesos administrativos.

Con la aparición del concepto: "integración empresarial" se rompe el paradigma que existía hasta hace algunos años, en el que el proceso industrial se consideraba como un elemento aislado del área administrativa y de los sistemas de negocios [3]. Actualmente, los procesos de integración empresarial dependen del conocimiento y del flujo libre pero controlado de información, así como la coordinación de las actividades de las empresas, por lo tanto, es fundamental identificar claramente los elementos y procesos relevantes para obtener modelos que

permitan representar el comportamiento total del sistema empresarial [4]. En la literatura, se reconocen un sinnúmero de modelos que facilitan el proceso de integración empresarial, algunos basados en el tradicional esquema jerárquico, otros enfocados en sistemas heterárquicos y los más recientes, fundamentados en holones [5]. En el 2007, aparece el modelo para la integración empresarial MADE-Modelo Actor de Empresa, el cual se convierte en un aporte novedoso para el área de la automatización y la integración empresarial [6]. MADE se diferencia de los modelos tradicionales porque permite el modelamiento de funciones hardware y software, al mismo tiempo que puede representar funciones tanto automatizadas como no automatizadas [7].

Este artículo, muestra una serie de pasos que permiten aplicar de forma metodológica el concepto MADE en tres de las principales áreas del proceso productivo de rines de aluminio: calidad, diseño y control de la fabricación; con ello, se pretende validar la modularidad y demás capacidades propias de este modelo.

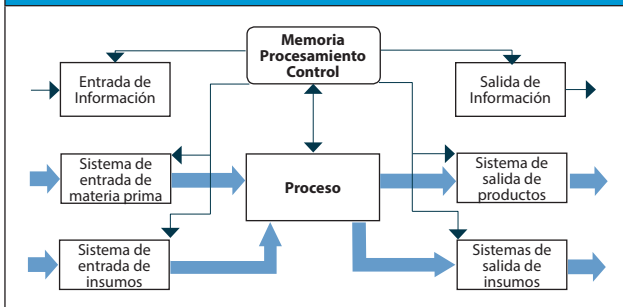
El documento inicia describiendo las principales características del Modelo Actor de Empresa, posteriormente, muestra en detalle cada uno de los pasos para la fabricación de rines de aluminio, de igual manera, expone un método para la gestión de las actividades de diseño, calidad y control de la fabricación de los rines, usando el concepto Actor de Empresa y finaliza con las conclusiones al respecto.

II. MADE-MODELO ACTOR DE EMPRESA

El Modelo Actor de Empresa también conocido como MADE, es una idea propuesta por el ingeniero Juan Martin Velasco y posteriormente desarrollada por el Grupo de Investigación en Automática Industrial de la Universidad del Cauca. Este modelo representa la estructura y la unión de los múltiples componentes de una empresa de manufactura. El propósito de MADE es abstraer el funcionamiento de una empresa de manufactura referenciándose en el comportamiento humano, tanto en términos de estructura como de funcionalidad [8].

En la Figura. 1, se presenta el esquema de un ADE (Actor de Empresa), el cual es considerado como una entidad capaz de realizar cualquier función que requiera una empresa. En esta figura, se aprecian dos tipos de flujo: el flujo físico (líneas gruesas) y el flujo de información (líneas delgadas). El flujo físico, representa la secuencia que transforma la materia prima y los insumos en productos y residuos al realizar un proceso productivo. El flujo de información representa el intercambio de información que hace posible el control del flujo físico, es decir, la secuencia del proceso [9].

Fig. 1. Esquema del ADE-Actor de Empresa [Elaboración propia].



El modelo para la integración empresarial MADE estará constituido, entonces, mediante la unión de varios ADE, conformando una red. Cada ADE desempeña un papel determinado, asociado a una función específica dentro de la empresa.

Cada ADE tiene un nombre y un identificador único y cumple uno o varios objetivos individuales, los cuales, deben ser ejecutados en un orden denominado: Flujo de trabajo del ADE. Cada ADE, tiene asociado un modelo de comportamiento de ADE, que asegura el cumplimiento de los objetivos individuales planteados e informa sobre cada uno de los estados del ADE [10].

Un modelo de comportamiento de ADE ejecuta un instructivo de ADE, el cual posee todo el conocimiento que este debe tener: objetivos que debe cumplir, señales de información de entrada requeridas para el cumplimiento de cada objetivo, señales de información de salida producto del cumplimiento de cada objetivo, tareas por ejecutar, señales de activación, los ADE de origen y los ADE de destino.

Una empresa de fabricación puede ser modelada a través de 88 ADEs que se comunican entre sí. Estos ADEs están basados en los subámbitos del modelo Siemens- FIET [8]. Las funciones que cumple cada subámbito son los objetivos individuales programados para cada ADE. La selección de los ADE que van a modelar una empresa específica no está atada a la cantidad sugerida por el modelo, sino que se pueden seleccionar los ADE que mejor se ajusten a los procesos empresariales, y agregar o quitar los objetivos individuales según convenga. Esta es una de las principales ventajas de este modelo, ya que al ser modular, puede adaptarse a empresas de cualquier tamaño y sin importar su grado de automatización.

Los ADE se asocian en organizaciones de ADEs, las cuales cumplen objetivos generales. Para desplegar un objetivo general es necesaria la ejecución sistemática de un conjunto de objetivos individuales. Para llevar a cabo un objetivo individual, se debe realizar, en orden, un conjunto de tareas que dependen específicamente de la empresa en particular que se esté modelando. Al existir el elemento organización de los ADE, es necesario un modelo de comportamiento de organización, el cual ejecuta un instructivo de organización. El modelo de comportamiento de organización asegura el cumplimiento del objetivo general que fue programado a través del uso de la información consignada en el instructivo de organización [10].

III. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RINES DE ALUMINIO

Para el proceso de control de fabricación de rines de aluminio, se tratarán los ámbitos de CAD (Diseño Asistido por Computador), CAQ (Calidad Asistida por Computador) y CAM (Manufactura Asistida por computador). CAD se tomó como punto de inicio ya que en el diseño se tiene en cuenta los aspectos mecánicos y funcionales del rin. Para diseñar un rin es importante definir su utilidad, si es para un auto de carreras, de carga o sólo para ser usado en la ciudad; en base a esto, se puede empezar a diseñar su estructura mediante un software de diseño, en donde también se pueden hacer pruebas virtuales de su funcionamiento para establecer, descubrir fallas

o imperfecciones, con lo que se crea su molde y así poder pasar a la etapa de fabricación, con sus respectivas pruebas de calidad.

La fabricación de un rin de aluminio, posee unos pasos particulares, empezando por la fundición, siguiendo con la inyección, solubilización de los materiales, pasando al enfriamiento, mecanizado, continuando con el rebabado, el cromatizado y la pintura.

Fundición: El aluminio es recibido de lingotes en forma de rueda de 13kg a 20kg, los cuales, son cargados en un horno con llama directa por dos horas; una vez fundido el metal líquido se adhiere a unas cucharas para eliminar el hidrogeno del metal fundido, esta etapa establece controles de temperatura, presión y composición química.

Inyección: El metal es llevado al horno de la máquina inyectora, donde por presión se va llenando el molde de la rueda ubicado en la parte superior del horno a 4000 toneladas; se verifican los tiempos de inyección y de enfriamiento por medio de la visualización de la pieza rústica.

Solubilización: Después de la inyección el rin es llevado a un horno con una temperatura de 545°C por contacto con aire caliente.

Enfriamiento: Una vez terminada la solubilización, el rin es enfriado inmediatamente en una cubeta con agua a 70°C por un tiempo de 90 segundos.

Mecanizado: El rin pasa por un proceso de medidas y ajustes para que encaje bien con el tipo de llanta; pasa por varios tornos y crea los múltiples agujeros.

Rebabado: Las piezas son pulidas manualmente eliminando los residuos del metal antes de la aplicación de la pintura.

Pruebas de control: Después del rebabado, se le hacen pruebas para verificar sus ángulos y determinar el desgaste que tendrá el neumático al contacto con el rin.

Cromatizado: En este paso se sumerge el rin en agua con jabón para eliminar polvo y posibles suciedades; después en una cubeta con cromo+6, la cual, se encarga de fijar la pintura en cada superficie.

Pintura: En este paso se le aplica la pintura al rin realizando un proceso térmico ya que se somete a altas temperaturas.

IV. GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CONTROL DE LA FABRICACIÓN DE RINES DE ALUMINIO USANDO MADE.

Para realizar la gestión de las actividades de control de rines de aluminio basado en MADE, se desarrollan los siguientes pasos:

1. Selección de los ADEs que modelan las actividades de control de fabricación de los rines de aluminio.
2. Definición de los objetivos individuales que debe cumplir cada uno de los ADEs seleccionados.
3. Identificación de las señales de información de entrada, necesarias para el cumplimiento de cada objetivo individual.
4. Identificación de los ADEs que originan las señales de información de entrada.
5. Identificación de las señales de información de salida, que se producen durante el cumplimiento de cada objetivo individual.
6. Identificación de los ADEs, a los cuales, van dirigidas las señales de información de salida.
7. Organización de la información de instructivos.
8. Definición del modelo de comportamiento de cada ADE [11].

Paso 1: Selección de los ADEs que modelan las actividades de control de los rines de aluminio.

De acuerdo a [9], existen 88 ADEs capaces de modelar el comportamiento de una empresa de producción. Para el caso específico de la producción de rines de aluminio, se seleccionaron 3 ámbitos empresariales a desarrollar: CAQ, CAD y CAM.

Para CAQ el modelo sugiere tres ADEs, de los cuales se escogieron dos: Control y supervisión de calidad, y Documentación de la calidad. Para el ámbito CAD, el modelo sugiere cuatro ADEs, de los cuales, se seleccionaron dos: Especificación del producto y

MEMORIAS

Especificación del proceso. Finalmente, para CAM, el modelo sugiere cuatro ADEs, de los cuales se seleccionaron dos: Lanzamiento de órdenes de fabricación y Lanzamiento de órdenes de flujo de material.

La selección de ADEs corresponde a las necesidades y prioridades actuales de la empresa caso de estudio, sin embargo, cada empresa puede seleccionar los ADEs que mejor se ajusten a sus necesidades.

Paso 2: Definición de los objetivos individuales que debe cumplir cada uno de los ADEs seleccionados.

En la Tabla 1, se muestran los objetivos individuales definidos para cada uno de los ADEs seleccionados. Estos objetivos, corresponden a las actividades propias realizadas en la empresa caso de estudio, sin embargo, estos objetivos se pueden adaptar a las necesidades particulares de cada empresa.

TABLA I. OBJETIVOS INDIVIDUALES.		
Ámbitos	ADEs	Objetivos individuales
CAQ	Control y supervisión de calidad	Certificar que los rines de aluminio fueron producidos según las condiciones del proceso estándar
	Documentación de la calidad	Archivar datos de calidad correspondientes al proceso productivo de rines de aluminio
CAD	Especificaciones del producto y del proceso	Definir los requerimientos del proceso de producción de rines de aluminio
		Brindar estándares técnicos y métodos para operaciones y funciones de mantenimiento
	Investigación y desarrollo	Investigar nuevos desarrollos tecnológicos relacionados con la producción de rines de aluminio
CAM	Lanzamiento de órdenes de fabricación	Supervisar la orden de fabricación de rines de aluminio
	Lanzamiento de órdenes de flujo de material	Administrar el material circulante
		Solicitar material

Paso 3 y 4: Identificación de las señales de información de entrada, necesarias para el cumplimiento de cada objetivo individual e identificación del ADE que origina las señales de información de entrada.

Desde la Tabla 2 hasta la Tabla 4, se muestran los objetivos individuales para cada uno de los ADEs seleccionados junto con sus entradas y ADEs de origen.

TABLA II. OBJETIVOS INDIVIDUALES DEL ÁMBITO CAQ, JUNTO CON SUS ENTRADAS Y ADES DE ORIGEN		
Objetivos individuales	Señal de información de entrada	ADE Origen
Certificar que los rines de aluminio fueron producidos según las condiciones del proceso estándar	Características de calidad	Especificaciones del producto y del proceso
	Valores exigidos y admisibles	Planificación de la calidad
Archivar datos de calidad correspondientes al proceso productivo de rines de aluminio	Requerimiento de producto y proceso	Datos maestros de CAQ

TABLA III. OBJETIVOS INDIVIDUALES DEL ÁMBITO CAD, JUNTO CON SUS ENTRADAS Y ADES DE ORIGEN		
Objetivos individuales	Señal de información de entrada	ADE Origen
Definir los requerimientos del proceso de producción de rines de aluminio	Renuncia del producto terminado	Relación con los clientes y usuarios para ventas
Brindar estándares técnicos y métodos para operaciones y funciones de mantenimiento	Requisitos y directrices de diseño	Especificaciones del producto y del proceso
Investigar nuevos desarrollos tecnológicos relacionados con la producción de rines de aluminio	Know-How del producto	Especificaciones del producto y del proceso

TABLA IV. OBJETIVOS INDIVIDUALES DEL ÁMBITO CAM, JUNTO CON SUS ENTRADAS Y ADES DE ORIGEN		
Objetivos individuales	Señal de información de entrada	ADE Origen
Supervisar la orden de fabricación de rines de aluminio	Progreso de la orden de prueba	Administración y control de la orden de prueba

Administrar el material circulante	Solicitud o devolución de materiales	Lanzamiento de órdenes de flujo de material
Solicitar material	Confirmación de mercancía entrante	Recepción de mercancías

Paso 5 y 6: Identificación de las señales de información de salida, que se producen durante el cumplimiento de cada objetivo individual e identificación del ADE, al cual van dirigidas las señales de información de salida.

Desde la Tabla 5 hasta la Tabla 7, se muestran los objetivos individuales para cada uno de los ADEs seleccionados junto con sus salidas y ADEs de destino.

TABLA V. OBJETIVOS INDIVIDUALES DEL ÁMBITO CAQ, JUNTO CON SUS SALIDAS Y ADES DE DESTINO

Objetivos individuales	Señal de información de salida	ADE Destino
Definir los requerimientos del proceso de producción de rines de aluminio	Resultados del aseguramiento de calidad	-Control de procesos en el almacén -Lanzamiento de órdenes de fabricación -Control de la expedición
Archivar datos de calidad correspondientes al proceso productivo de rines de aluminio	Archivo de datos de calidad	Datos maestros de CAQ

TABLA VI. OBJETIVOS INDIVIDUALES DEL ÁMBITO CAD, JUNTO CON SUS SALIDAS Y ADES DE DESTINO

Objetivos individuales	Señal de información de salida	ADE Destino
Definir los requerimientos del proceso de producción de rines de aluminio	Instrucciones de construcción	Datos maestros de CAD
	Instrucciones de montaje y mantenimiento	-Planificación del montaje -Establecimiento de recetas
	Instrucciones de conservación	Datos maestros de CAD
Brindar estándares técnicos y métodos para operaciones y funciones de mantenimiento	Estándares y métodos para operaciones	Datos maestros de CAD

Investigar nuevos desarrollos tecnológicos relacionados con la producción de rines de aluminio	Información de nuevos materiales	Administración de los procesos de trabajo
--	----------------------------------	---

TABLA VII. OBJETIVOS INDIVIDUALES DEL ÁMBITO CAM, JUNTO CON SUS SALIDAS Y ADES DE DESTINO

Objetivos individuales	Señal de información de salida	ADE Destino
Supervisar la orden de fabricación de rines de aluminio	Progreso de las ordenes de fabricación	Control de procesos de fabricación
Administrar el material circulante	Movimiento de materiales	Seguimiento de las ordenes de trabajo
Solicitar material	Solicitud o devolución de materiales	Lanzamiento de órdenes de flujo de material

Paso 7: Organización de la información de instructivos.

En MADE, el instructivo, es un paquete de información que identifica a un ADE y lo diferencia de los demás; en él, se halla consignada la cultura del ADE, es decir, número y tipo de entradas, número y tipo de salidas, las tareas que realiza, cómo las realiza, entre otra información que necesita el modelo de comportamiento de ADE para operar [10].

El instructivo que ejecuta un ADE mediante el modelo de comportamiento, consta de unas listas básicas que incluye información detallada necesaria para que el ADE cumpla su rol dentro del proceso que se esté llevando a cabo. Estas listas son:

- Encabezado
- Lista de objetivos
- Lista de señales de entrada de información
- Lista de señales de salida de información
- Lista de tareas de información
- Lista de señales de activación

Este concepto se muestra en detalle en [10].

Para el desarrollo del instructivo correspondiente al proceso de producción de rines de aluminio, se utilizó la información y las tablas sugeridas en [9]. La información consignada, es la desarrollada desde la

Tabla 1 hasta la Tabla 7. Para desarrollar los instructivos en otras aplicaciones, se debe usar la información específica determinada en los pasos anteriores.

Paso 8: Definición del modelo de comportamiento de cada ADE.

En MADE, el modelo de comportamiento es una Red de Petri, a partir de la cual, se puede modelar cualquier función empresarial, sin importar si hace parte o no del proceso productivo. Cada ADE tiene su propio modelo de comportamiento. La red, contempla todas las posibles acciones que es capaz de realizar un actor de empresa genérico, al cual, no se le ha sido asignada una tarea o conjunto de tareas específicas. El número de veces que se realiza cada sección, así como el orden en que se ejecutan, salvo la primera de ellas, que se ejecuta una sola vez y antes que cualquier otra, depende exclusivamente del instructivo que haya sido asignado a un ADE en particular. La descripción de tareas que debe realizar un ADE se consigna también en el instructivo [10]. En la Figura. 2, se muestra el modelo de comportamiento del ADE: Especificaciones del producto y del proceso; la explicación de sus lugares y transiciones se muestra en la Tabla 8 y Tabla 9.

Fig. 2. Red de Petri para el ADE: Especificaciones del producto y del proceso [9].

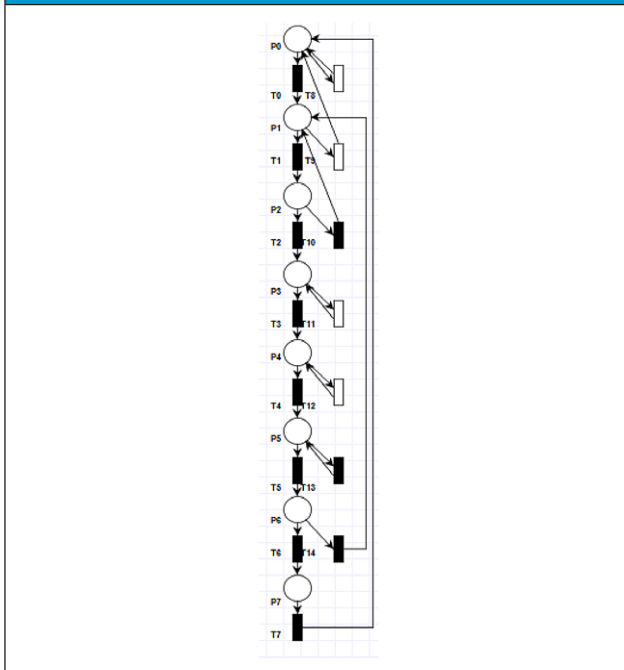


TABLA VIII. LUGARES DEL MODELO DE COMPORTAMIENTO DE ADE [9].

ID	NOMBRE
P0	ADE Inhabilitado
P1	ADE Habilitado
P2	ADE Disponible
P3	ADE Preparado
P4	ADE Ocupado
P5	ADE Ejecutado
P6	ADE Desocupado
P7	ADE Finalizado

TABLA IX. TRANSICIONES DEL MODELO DE COMPORTAMIENTO DE ADE [9].

ID	NOMBRE
T0	Recibir Instructivo de ADE
T1	Recibir señales de información de entrada
T2	Habilitar señal de activación por señales de información de entrada
T3	Cumplir objetivo individual
T4	Entregar señales de información de salida
T5	Habilitar señal de activación por señales de información de salida
T6	Habilitar señal de activación por objetivo
T7	Deshabilitar señales de activación
T8	No recibir Instructivo, $t > t$ límite
T9	No recibir señales de información de entrada, $t > t$ límite
T10	No habilitar señal de activación por señales de información de entrada
T11	No cumplir objetivo individual, $t > t$ límite
T12	No entregar señales de información de salida, $t > t$ límite
T13	No habilitar señal de activación por señales de información de salida
T14	No habilitar señal de activación por objetivo

La Red de Petri sugerida por el modelo, es similar para todos los ADEs, sin importar el proceso productivo que se esté modelando. Este concepto se muestra en detalle en [10].

V. CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentó la manera de controlar la fabricación de rines de aluminio desde su diseño junto con sus actividades de calidad

mediante el modelo genérico del MADE (Modelo Actor de Empresa) y se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Mediante el uso del Modelo Actor de Empresa, se facilita la organización de las actividades empresariales a través de ADEs que cumplen objetivos específicos mediante un flujo de información determinado.

2. Al hacer uso de MADE se facilita la regulación de información para realizar cada objetivo individual ejecutando los ADEs y así cumplir en detalle las funciones establecidas, mejorando así la productividad y fluidez de la empresa o proceso que se esté realizando.

3. Por medio de este modelo se puede trabajar diferentes ámbitos de la empresa de producción, es decir, que se puede incorporar en un solo proceso varias áreas que se quiera mejorar.

4. Mediante la organización de información en instructivos y las redes de Petri, se facilita la programación de los ámbitos en aplicaciones software especializadas en integración empresarial.

REFERENCIAS

[1] CASTRO, R. Reflexión Académica en Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo, Argentina, 2008.

[2] MCLUHAN, M. Comprender los medios de comunicación. Ediciones Paidós Ibérica. 1996.

[3] VENTO, J. Optimización en Automatización. En: Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales. Reporte técnico # 3, Venezuela, 2006.

[4] PÉREZ, L. Modelos de Automatización. En: Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales. Reporte técnico # 1, Venezuela, 2006.

[5] ROJAS, O. Principios de un modelo dinámico para integración de empresas de manufactura. Tesis de Maestría, Universidad del Cauca, Colombia, 2008.

[6] DURAN, J. Integración en Automatización. En: Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales. Reporte técnico # 2, Venezuela, 2006.

[7] LOPEZ, D, VELASCO J, Y ROJAS, O. Formalización de los componentes del Modelo Actor de Empresa (MADE). Revista Épsilon, n° 22, 7 de Abril del 2014.

[8] GUEVARA, C. Modelado para automatización de la operación de compras mediante la aplicación del modelo Actor de Empresa al modelo general de actividades de ISA S95. Tesis de Pregrado. Universidad del Cauca, Colombia, 2010.

[9] LOPEZ, D. Marco de referencia para una metodología de aplicación del Modelo Actor de Empresa. Tesis de Maestría. Universidad del Cauca. Colombia, 2014.

[10] LÓPEZ, D, VELASCO, J Y ROJAS, O. "Principios básicos del nuevo modelo de integración empresarial: Actor de Empresa (ADE)". Revista Épsilon, no 19, julio-diciembre 2012 .pp. 81-102.

[11] LÓPEZ, D, VELASCO, J Y ROJAS, O. "Formalización de los componentes de MADE - Modelo Actor de Empresa". Revista Épsilon, no 22, Junio 2014 .pp. 31-58.