

# **MODELACIÓN MATEMÁTICA Y SIMULACIÓN A PARTIR DE UN MODELO SISTÉMICO INTEGRADO DE GESTIÓN**

## **Resumen**

El texto describe los avances de un proyecto de investigación que se ha venido desarrollando con el propósito de llevar a modelo matemático y simulador en software, un sistema integrado de gestión que integre las diversas áreas de las organizaciones.

En el artículo se hace una presentación del rastreo sobre modelos y simuladores, en el cual se ha encontrado que, los modelos que ya existen se aplican a áreas separadas de la organización o abordan sólo aspectos cuantitativos de las mismas. Se describe la estructura del sistema de gestión sobre el que se está trabajando, el cual integra de manera sistémica todas las áreas de la organización.

Los avances obtenidos muestran una primera versión del modelo matemático que integra las áreas de la organización, como capas, articuladas por funciones algorítmicas.

Luego se describe la estructura del simulador (prototipo), construido con base en el algoritmo.

Finalmente se plantean los retos que siguen para el equipo de investigación, en cuanto se hace necesario implementar lógica difusa, redes neuronales, algoritmos genéticos, razonamiento aproximado y teoría del caos, que posibiliten la toma de decisiones, que simulen, con inteligencia artificial, escenarios de decisión para los gerentes de las empresas.

## **Palabras clave**

Modelación, simulación, sistema Integrado de Gestión.

## **Introducción**

El Sistema Integrado de Gestión Empresarial para la Transformación Productiva y Sostenible de las organizaciones (SIGET PROS) es un modelo desarrollado como respuesta a la ausencia de Modelos de gestión que respondan a las necesidades de tomar decisiones integrando las diferentes áreas de las organizaciones.

El artículo, en consecuencia, tiene la siguiente estructura: en un primer apartado presenta los conceptos básicos en torno a la modelación y simulación y una síntesis de los modelos y simuladores que se han encontrado en el rastreo de literatura. Posteriormente se indican los objetivos y la metodología de la investigación. Luego describe la estructura del SIGET PROS, indicando las dimensiones, atributos, Variables y subvariables. Finalmente expone los avances de la investigación en cuanto a la construcción del Modelo Matemático y el simulador en software, cerrando con los retos que se plantean para continuar avanzando en los propósitos de la investigación.

### **1. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **1.1.¿Qué se entiende por modelación?**

El término modelación tiene diversas connotaciones según la disciplina en que se aborde. En este trabajo vamos a concentrarnos en el concepto desde el punto de vista matemático, del campo computacional y empresarial.

En ciencias aplicadas, un *modelo matemático* es uno de los tipos de modelos científicos que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. Según su aplicación, podemos encontrar:

- **Modelo de simulación o descriptivo**, de situaciones medibles de manera precisa o aleatoria. Este tipo de modelos pretende predecir qué sucede en una situación concreta dada.
- **Modelo de optimización**: Para determinar el punto exacto para resolver alguna problemática administrativa, de producción, o cualquier otra situación. Cuando la optimización es entera o no lineal, combinada, se refiere a modelos matemáticos poco predecibles, pero que pueden acoplarse a alguna alternativa existente y aproximada en su cuantificación.
- **Modelo de control**: Para saber con precisión cómo está algo en una organización, investigación, área de operación, etc. Este modelo pretende ayudar a decidir qué nuevas medidas, variables o qué parámetros deben ajustarse para lograr un resultado o estado concreto del sistema modelado. (Rios, 1995)

Un *modelo matemático* es una descripción matemática (con frecuencia mediante una función o ecuación) de un fenómeno del mundo real, como por ejemplo el tamaño de una población, la demanda por un producto, la expectativa de vida de una persona cuando nace. El propósito de este modelo es entender el fenómeno y quizá hacer predicciones con respecto al comportamiento futuro. (Stewart, 2006)

La Dinámica de Sistemas (DS) es una metodología ideada para resolver problemas concretos. Inicialmente se concibió para estudiar los problemas que se presentan en determinadas empresas en las que los retrasos en la transmisión de información, unido a la existencia de estructuras de realimentación, daban lugar a modos de comportamiento indeseables. Se comienza con la construcción de modelos, entendidos como la representación de cierto aspecto de la realidad, para luego programarlas en un computador, convirtiéndose en un modelo informático con el cual se puede experimentar (*simular*) el comportamiento del sistema (Aracil, 1995).

La investigación de operaciones (I.O.) es una rama de las matemáticas que consiste en el uso de modelos matemáticos, estadística y algoritmos con objeto de realizar un proceso de toma de decisiones. Frecuentemente trata del estudio de complejos sistemas reales, con la finalidad de mejorar su funcionamiento. La investigación de operaciones permite el análisis de la toma de decisiones, teniendo en cuenta la complejidad y la especialización, para asignar recursos disponibles a las diferentes actividades de la manera más eficaz para la organización como un todo. Algunas de sus herramientas más conocidas son: Programación lineal, programación dinámica, Teoría de Colas, Teoría de grafos, teoría de inventarios. (Hillier, 2006)

Un *modelo computacional (simulador)* es un modelo matemático en las ciencias de la computación que requiere extensos recursos computacionales para estudiar el comportamiento de un sistema complejo por medio de la simulación por computadora. El sistema bajo estudio es a menudo un sistema complejo no lineal para el cual las soluciones analíticas simples e intuitivas no están fácilmente disponibles. En lugar de derivar una solución analítica matemática para el problema, la experimentación (simulación) es hecha con el modelo cambiando los parámetros del sistema en la computadora, y se estudian las diferencias en el resultado de los experimentos. Las teorías de la operación del modelo se pueden derivar/deducir de estos experimentos computacionales. Para ello, la computación cognitiva, reúne una serie de metodologías o técnicas de solución de problemas que no pueden ser fácilmente descritos por algoritmos tradicionales. Entre ellos encontramos: Algoritmos genéticos, Redes Neuronales, Lógica difusa, Razonamiento aproximado, y Teoría del caos. (Moya A., Herrero, & Guerrero)

Una *red neuronal*, según (Freeman & Skapura, 1993), es un sistema de procesadores paralelos conectados entre sí en forma de grafo dirigido. Esquemáticamente cada elemento de procesamiento (neuronas) de la red se representa como un nodo. Estas

conexiones establecen una estructura jerárquica que tratando de emular la fisiología del cerebro busca nuevos modelos de procesamiento para solucionar problemas concretos del mundo real. Lo importante en el desarrollo de la técnica de las RNA es su útil comportamiento al aprender, reconocer y aplicar relaciones entre objetos y tramas de objetos propios del mundo real. En este sentido, se utilizan las RNA como una herramienta que podrá utilizarse para resolver problemas difíciles. (Sotolongo G., 2001)

Los *Mapas Cognitivos Difusos* (MCD) (Kosko, 1986) han recibido una creciente atención para el análisis de sistemas causales complejos. Los MCD son grafos causales que hacen uso de la *lógica difusa* brindando la posibilidad de representar ciclos y modelar la vaguedad propia de este tipo de relaciones (Leyva-Vázquez, Pérez-Teruel et al., 2013). Una de las ventajas de los MCD es la relativa facilidad que ofrecen para la agregación o fusión de distintos modelos. Esta agregación de conocimiento permite mejorar la fiabilidad del modelo final, facilitando su empleo en la toma de decisiones en grupo (Khan and Quaddus, 2004), ya que permite integrar conocimientos de diferentes expertos con modelos mentales diversos. En los mapas cognitivos los nodos representan conceptos o variables de un dominio. Las conexiones indican la dirección de la causalidad junto al signo asociado que puede ser positivo (incremento causal) o negativo (decremento causal). (Pérez, Leyva-Vázquez, Espinilla, & Estrada, 2014)

Un *modelo de gestión* puede entenderse como un esquema o marco de referencia para la administración de una entidad. Es comúnmente asociado con el término «moda de gestión» (managerial fad) popularizado por el profesor Abrahamson, quien estudió en detalle el proceso de la generación y validación de nuevas creencias colectivas sobre técnicas, modelos y herramientas de gestión. Abrahamson y sus seguidores analizaron la existencia de un número importante de modas de gestión empresarial en los años ochenta y noventa del siglo pasado: los círculos de calidad, la reingeniería, la dirección por

objetivos, el Empowerment, la Gestión de la Calidad Total, la excelencia, el cambio cultural, la gestión del conocimiento, Seis Sigma y otras tantas técnicas y herramientas de gestión. «Las modas empresariales no son cosméticas y triviales», sino que «determinan las técnicas de dirección que miles de directivos utilizan de cara a afrontar los retos y problemas directivos complejos» (Abrahamson, 1996, citado en (Heras, Arana, Camison, & Martiarena, 2008)

**Tabla 1. Modelos aplicados en empresas**

Modelo base	Autores	Descripción	Area Intervenido
Dinámica de sistemas	Parra M., Perez R., & Torres F., 2006	Aplicación de la simulación dinámica de sistemas en una pequeña empresa, del proceso de plastificado de barra metálica para carpetas.	Producción
Modelo Lógico Conceptual de ingeniería	Ramirez, Chantre, & Delgado, 2014	Seguimiento y evaluación a la actividad turística de una región. Se detallan los elementos funcionales y técnicos de un Sistema Tecnológico de Trazabilidad Turística.	Turismo
Gestión de información: metodología modular de sistemas	Riemi M., 2003	Aplica la metodología modular de sistemas, el enfoque de arriba hacia abajo y el diseño de base de datos relacional, para obtener información sobre: Bases de datos Empresarial, Bases de datos institucional y Bases de datos de proveedores de tecnologías de información.	Información en Pymes
Modelos de valoración del capital intelectual. Simulación	Cuartas R., Estrada M., & López F., 2013	Modelo matemático para hacer valoración de capital intelectual. Apoyándose en modelos lineales y matriciales.	Capital intelectual
Modelo económico – matemático. Teoría de colas	Matos R. & Iglesias C., 2012	Transportación en el cultivo de la caña de azúcar utilizando teoría de colas o de servicio masivo.	Transporte en cultivo de caña
Dinámica de sistemas	Gulino, Dottori, Willis, & Vergara, 2006	Desarrolla un modelo dinámico del proceso productivo, que sistematiza parte de su conocimiento acerca del mercado, el proceso, su operación y gestión de la empresa	Proceso productivo empresa de carpintería
Programación matemática entera	Jansson & Delgado, 2000	Analiza el problema de asignación de recursos utilizados en la prestación de servicios médicos quirúrgicos en hospitales públicos de alta complejidad.	Asignación de recursos, sector hospitalario
Simulación y proyección	García G. & Pérez C., 2010	Presenta una herramienta que permite la simulación y proyección de los grupos de investigación acorde con el sistema de evaluación que aplica el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias.	Mediciones en grupos de investigación
Dinámica de sistemas	Cuenca P. & Urquiaga R., 2005	Análisis del sistema logístico del proceso de producción de un biofármaco a partir del cultivo de células superiores de mamíferos.	Logística y Producción

**Fuente: Construcción propia.**

## 1.2. El SIGET-PROS (Sistema Integrado de Gestión

### Empresarial para la Transformación Productiva y Sostenible)

El Modelo SIGET-PROS, es un modelo administrativo que comprende la organización “como un todo relacional” en el que las propiedades específicas y las características interdependientes cobran sentido como elementos de un holograma. El modelo propone abordar la empresa desde cuatro *dimensiones*: *Persona, Gestión, Estructura y Entorno*, cada una de ellas contiene una serie de *atributos* y éstos a su vez, abarcan *variables* que se analizan con sus respectivos indicadores o descriptores (Limone, A. y Marinovic, M., 2008).

La **dimensión** es cada una de las magnitudes que conforman la existencia. Las dimensiones permiten comprender los atributos, en cuanto describen la esencia de la realidad (Limone, A. y Marinovic, M., 2008).

Los atributos son cualidades o características propias de una persona o una cosa, especialmente algo que es parte esencial de su naturaleza (Betancur y Rodríguez, 2012)

Una variable es un elemento de una dimensión que puede adquirir o ser sustituido por un valor cualquiera (siempre dentro de su universo). Contienen elementos cuantitativos y cualitativos que deberán describirse. Los valores que una variable es capaz de recibir, pueden estar definidos dentro de un rango, y/o estar limitados por razones o condiciones de pertenencia, al universo que les corresponde (en estos casos, el universo de la variable pasa a ser un subconjunto de un universo mayor, el que tendría sin las restricciones).

La estructura del SIGET-PROS, indicando, para cada una de las Dimensiones, cuáles son los atributos y las Variables y subvariables consideradas en conjuntos. Es a partir

de esta estructura que se desarrolla el trabajo de recolección de información en las organizaciones, lo que permite diseñar el Modelo Matemático y hacer los experimentos del simulador.

En una primera fase del SIGET-PROS se organiza un panel de expertos, que realizan visitas a las empresas, aplicando técnicas e instrumentos para la recolección de datos, como encuestas, entrevistas, grupos focales entre otros. Estos expertos abordan las dimensiones con sus respectivas variables, se reúnen para compartir la información y debatir una valoración para cada una de las subvariables con el conjunto de sus indicadores, clasificándolos en la escala: Avanzado (color azul) cuya valoración tiene un rango entre 8.1 y 10.0, Viable (color verde) cuya valoración tiene un rango entre 6.1 Y 8.0, Alerta (color amarillo) cuya valoración tiene un rango entre 4.1 Y 6.0, o Riesgo (color rojo) cuya valoración tiene un rango entre 0.0 Y 4.0.

Así, el proceso de modelación parte de la estructura del SIGET-PROS, procurando establecer las interacciones entre las diferentes variables, entre estas y los atributos, entre los atributos dentro de una misma dimensión y entre las distintas dimensiones de la organización.

El proceso de modelación entiende los bucles de interacción y genera las funciones que permiten establecer las conexiones (sinapsis) entre la multiplicidad de aspectos (variables y subvariables) que hacen parte de toda empresa.

Las clasificaciones en los diferentes niveles (Avanzado, viable, Alerta, riesgo) son el punto de partida para la experimentación en la construcción del simulador computacional, partiendo de unos datos aportados inicialmente para llegar a construir los escenarios simulados que permitirán tomas decisiones desde la gerencia.

**Tabla 2. Estructura del SIGET PROS**

DIMENSIONES	ATRIBUTOS	VARIABLES	SUBVARIABLES
1. PERSONAS	GESTIÓN HUMANA	DESARROLLO ORGANIZACIONAL	Capacitación, Perfiles, Manuales, Reclutamiento, Evaluación, Mejoramiento, Estímulos, Riesgo Laboral
		DESARROLLO DEL TALENTO HUMANO	Ausentismo, Permanencia, Crecimiento Personal, Capacitación, Educación
		BIENESTAR SOCIAL	Bienestar Trabajadores, Bienestar Familia, Proyección Social
	CLIMA ORGANIZACIONAL	CONDICIONES FÍSICAS	Puestos De Trabajo, Espacios, Adecuaciones
		ESTILO DE DIRECCIÓN	Desempeño, Relaciones, Autoridad
		RETRIBUCIÓN	Oportunidad En El Pago, Nivel Salarial, Beneficios Extralegales, Ascensos
	CULTURA ORGANIZACIONAL	CONVIVENCIA	Inducción, Relaciones, Armonía, Apoyo, Seguimiento, Normatividad, Solución De Conflictos
		COMUNICACIÓN	Canales, Frecuencia, Dirección, Contenidos, Actores, Participación
	2. ESTRUCTURA (ORGANIZACIÓN)	FINANZAS	GENERACIÓN DE FONDOS INTERNOS
LIQUIDEZ DE LA COMPAÑÍA			Activos , EVA, WACC, VPN, Endeudamiento
CICLO DEL NEGOCIO			Inventario-Stock, Cuentas Por Cobrar, Cuentas Por Pagar, ROI, ROE
RENTABILIDAD DEL NEGOCIO VS COSTOS DE NO CALIDAD			Costos De No Calidad, Unidades No Conformes, Mejoramiento Calidad, Posicionamiento De Marca
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ORGANIZACIONALES ESTRATÉGICOS			Políticas Comerciales Manejo De Clientes
TECNOLOGÍA		TECNOLOGÍA LIMPIA	Certificaciones
		INNOVACIÓN TECNOLÓGICA:	Personal, Estructura, Nuevos Procesos, Adaptaciones
		EQUIPOS DE CÓMPUTO:	Uso, Actualidad
		TECNOLOGÍA DE MANUFACTURA O SERVO PRODUCCIÓN	Innovación, Estandarización, Nuevas Tecnologías, Mantenimientos
		SOFTWARE	Desarrollo/Compra, Software Libre, Actualizaciones
INFRAESTRUCTURA		UBICACIÓN ESTRATÉGICA	Accesibilidad
		ESTRUCTURA FÍSICA	Distribución, Adaptaciones
		APROVECHAMIENTO DE ESPACIOS	Aprovechamiento
		SEGURIDAD	Señalización, Aseguramiento
3. GESTIÓN	PROCESOS	DE DIRECCIÓN	Metodología, Participación, Socialización, Adopción
		MISIONALES	Identificación, Documentación, Adopción, Medición, Actualización, Articulación
		DE APOYO	Identificación, Documentación, Adopción, Medición, Actualización, Articulación, Estructuración
		DE EVALUACIÓN	Identificación, Ejecución, Niveles, Participación, Divulgación, Documentación, Actualización, Planes De Mejora, Seguimiento
	FUNCIONES	ESTRATÉGICAS	Estructura, Estrategia, Estilo, Procesos
		TÁCTICAS	Descripción, Implementación, Articulación
		OPERATIVAS	Concordancia, Comunicación
	FILOSOFÍA INSTITUCIONAL	MISIÓN	Dominio, Coherencia

		VISIÓN	Divulgación, Coherencia, Recursos
		POLÍTICAS	Diseño, Viabilidad, Prácticas, Coherencia, Articulación, Legalidad, Gestión Del Riesgo, Aplicación
		PRINCIPIOS/VALORES	Participación, Viabilidad, Coherencia
<b>4. ENTORNO</b>	POLÍTICO-LEGAL	LEGISLACIÓN	Conocimiento, Implementación, Registros
		POLÍTICAS TRIBUTARIAS Y ADUANERAS	Conocimiento, Cumplimiento, Actualización
		POLÍTICAS DE FOMENTO EMPRESARIAL	Apropiación, Divulgación, Acceso
	CONTEXTO	CLIENTES	Participación, Vinculación, Percepción, Negociación, Seguimiento, Información
		PROVEEDORES	Participación, Vinculación, Alianzas, Negociación, Contratación, Base De Datos
		COMPETENCIA	Perfil, Asociatividad, Precios
	SOCIOAMBIENTAL	POLÍTICAS NACIONALES/INTERNACIONALES	Conocimiento Implementación
		PLANES DE DESARROLLO DEPARTAMENTAL Y LOCAL	Apropiación, Aplicación, Desarrollo
	INTERNACIONAL	IMPORTACIONES	
EXPORTACIONES			

**Fuente: Construcción propia.**

## **2. OBJETIVOS**

La investigación que se está desarrollando tiene como propósitos los siguientes:

- 2.1. Diseñar un algoritmo que permita integrar las dimensiones del SIGET-PROS.
- 2.2. Desarrollar la programación de los algoritmos bajo un modelo computacional.
- 2.3. Presentar un prototipo del modelo SIGET-PROS, para ser validado en diferentes empresas.

Se pretende avanzar en una primera fase con los desarrollos que se indican a los objetivos, de manera que se tengan instrumentos que puedan validarse en el trabajo con organizaciones reales, con las cuales ya se vienen adelantando procesos de implementación del modelo administrativo, el SIGET-PROS.

## **3. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para realizar el modelo matemático y el simulador computacional, es de tipo cualitativo y descriptivo. La utilización del estudio de caso se basa en los siguientes criterios: ha utilizado como método de investigación, permite partir de desarrollos obtenidos en proyectos anteriores

como es el diseño del SIGET-PROS y avanzar en el diseño de herramientas útiles en los procesos administrativos.

De manera particular, se destaca el uso de un instrumento de diagnóstico denominado Espectrografía, el cual viene siendo desarrollado por los autores del artículo y que permite la clasificación de cada subvariable, de cada variable, de los atributos, de las Dimensiones y de la empresa en general, en la escala de colores descrita en la estructura del SIGET-PROS. E

ste instrumento se utilizó para realizar el diagnóstico empresarial enfocado al análisis de los sistemas de gestión de las PYMES, con el fin de obtener las mediciones iniciales.

#### **4. RESULTADOS**

##### **4.1. El modelo matemático**

El proceso de construcción del Modelo Matemático implica la definición sobre el tipo de logaritmo que se requiere, a partir de la comprensión sobre la estructura del Modelo Administrativo. En tal sentido, el proceso metodológico se inicia determinando la estructura de las Dimensiones que se han identificado, sus componentes y atributos y las variables que se miden al hacer la recolección de información.

La conceptualización que se consideró más apropiada para el diseño del algoritmo fue la de entender cada una de las Dimensiones como una capa, de manera que en el diseño se articularan superponiendo las diferentes capas; ello permite que los bucles de conexión se estructuren como funciones que integran las diferentes capas.

La definición de la estructura ha permitido identificar las entradas para la construcción del algoritmo, así: número de Subvariables en cada variable, número de variables por Atributo, Número de atributos, Número de Dimensiones.

Las salidas se proyectan a partir de la estructura del Modelo de Gestión, buscando obtener un reporte por colores de cada uno de los niveles de clasificación (azul equivale a avanzado, verde equivale a viable, amarillo equivale a alerta, rojo equivale a riesgo) y siguiendo el impacto que tendrían los proyectos implementados en la transformación de la organización.

Al asignar el peso que tendrá cada una de las variables se posibilita una predicción sobre el impacto que tendrán los cambios implementados en los proyectos, en relación de la transformación intencionada en la organización. Así se establecen las funciones algorítmicas para cada una de las subvariables.

La función siguiente se construye buscando calcular los porcentajes que se obtienen de cada uno de los colores, en cada variable, en cada atributo, en cada Dimensión.

Esto permitirá un cálculo de clasificación de cada una de las Variables en su respectivo atributo, de cada uno de los atributos en su respectiva Dimensión y de cada una de las Dimensiones en la Organización.

La superposición de capas es lo que permite establecer interacciones entre las diferentes variables, aunque pertenezcan a Dimensiones diferentes, de modo que se obtenga una ecuación de regresión lineal para la estructuración de las interacciones entre los componentes del Modelo Administrativo.

Lo que se obtiene es una representación algorítmica acerca de cómo se comportan las mediciones realizadas en cada subvariable, como datos iniciales de entrada, así como el impacto que tiene cada una de las subvariables en el modelo general aplicado a la organización.

Con esta estructura algorítmica se está buscando un conjunto de funciones complejas que permitan predecir el comportamiento de diversas variables de la

compañía cuando se ingresan cambios en un conjunto de subvariables, a través de la implementación de proyectos.

#### **4.2.El simulador (prototipo)**

A partir de la función lineal regresiva que se estructura en el Modelo Matemático, se procede a definir la metodología para la construcción de un simulador en software, buscando obtener un aplicativo funcional que desarrolle técnicas para la simulación del comportamiento de las variables.

Este modelo de interacción, está constituido por las siguientes capas:

La primera capa es la adquisición de información, ésta consta de dos partes. La primera, se orienta al ingreso de la información básica de las dimensiones, los atributos y las variables, La segunda parte, es la calificación generada en los escáner aplicados a la empresa para determinar su diagnóstico inicial. Establecido éste, el sistema sugiere el ambiente simulado de relación entre las variables de tal manera que se pueda observar la interacción entre variables, atributos y dimensiones.

La segunda capa, consiste en el almacenamiento de la información. El sistema aloja los datos para hacer búsquedas dinámicas y controladas por parte de los administradores del sistema. Este almacena la información principal del entorno, la cual se refiere a los modelos gráficos que serán simulados por el sistema para ser proyectados como un ambiente real.

Finalmente la capa de simulación, es el centro del modelo de interacción, donde se lleva a cabo todo el proceso de simulación de entorno. Para ello, esta capa requiere conocer cuál es la calificación de cada variable del modelo. Una vez definido lo anterior, se genera el ambiente de prueba que consiste en visualizar de acuerdo a la función matemática de comportamiento para generar la simulación.

Actualmente, este modelo se está implementando bajo una arquitectura desktop para el administrador del simulador desarrollado en el lenguaje Java y otro componente Web desarrollado con HTML5, CSS3, Java Script. Ambos sobre el sistema gestor de base de datos MySQL.

Básicamente, este entorno, es un modelo de simulación el cual a través de la interpretación de un conjunto de datos proyecta la información contenida dentro de dichos patrones (ecuaciones). Para ello, requiere de un sistema de ecuaciones que modelan el comportamiento en los diferentes niveles de los atributos y dimensiones e incluye la información de las calificaciones de las variables; es decir, una serie de gráficas animadas relacionadas con las variables y con las que el usuario puede interactuar.

## **5. DISCUSIÓN**

El resultado es un prototipo de algoritmo Matemático que contienen una serie de funciones lineales, las cuales dan una idea sobre lo que puede simularse en un software.

El trabajo se realiza con la información obtenida en una organización, en la cual se aplicó un escáner (diagnóstico) inicial en el año 2013 y se aplicó un segundo escáner en el año 2016, después de haber implementado un conjunto de proyectos orientados a la transformación empresarial.

Comparados los resultados de ambas mediciones con el mismo conjunto de subvariables, se verificaron los cambios y se concluyó que esta información podía ser útil para el trabajo propuesto.

El algoritmo ofreció dificultades acerca de la manera como se debían establecer las relaciones entre las Dimensiones, pues si bien el Modelo administrativo se soporta en una concepción sistémica de la realidad, se requiere de un conjunto muy amplio

de funciones para generar las interacciones entre las subvariables, de modo que se posibilite establecer una verdadera relación entre variables que están ubicadas en diferentes áreas (Dimensiones) de la empresa.

Al lograr esto, se posibilita un diseño de ingeniería de sistemas que represente la evolución de la empresa, en cada campo específico (Variable, Atributo, Dimensión) y que se pueda reflejar en toda la organización, como una predicción de escenarios posibles.

Para llegar hasta allí se requiere la implementación de lógica difusa, redes neuronales, algoritmos genéticos, razonamiento aproximado y teoría del caos. Hasta allí no se ha llegado aún en los diseños de Modelación Matemática.

Ello significa que lo hasta ahora logrado nos ha mostrado el camino por donde deberemos trasegar en los avances de esta investigación, pero aún no se tiene un Modelo final, como tampoco se ha llegado a un simulador de escenarios en software.

La dificultad sigue radicando en la concepción sistémica del Modelo

Administrativo, el cual pretende integrar todas las áreas de una organización.

### **Conclusiones.**

Los avances preliminares de la investigación han llevado a responder por lo planteado en los objetivos del proyecto, aceptando que sí es posible desarrollar un Modelo Matemático, con carácter sistémico a partir de la estructura de un Modelo Administrativo, que permite integrar las Dimensiones, Atributos y Variables. En consecuencia, se advierte que también es viable el diseño de un software predictivo con carácter sistémico, es decir, que a partir de un cambio introducido en una subvariable, se pueda predecir su impacto en las demás variables, no sólo dentro del atributo al cual pertenece, sino también en otros atributos y en otras dimensiones de la organización.

El desarrollo de una estructura algorítmica sistémica, requiere la implementación de lógica difusa, redes neuronales, algoritmos genéticos, razonamiento aproximado y teoría del caos que posibiliten rastrear el impacto de una transformación en cualquiera de las variables, atributos o dimensiones. En este aspecto se ha logrado identificar el camino que deberá seguir la investigación, sin adelantar todavía resultados finales.

La simulación en software aprovecha la inteligencia artificial para diseñar escenarios abstractos, a partir de datos reales, lo que permitirá la toma de decisiones organizacionales. Lo que se ha logrado permite comprender la importancia de afinar las comprensiones conceptuales, las cuales se reflejan en las funciones algorítmicas y terminan mostrando las rutas de simulación que un software deberá contemplar en su estructura.

La validación de los modelos desarrollados deberá pasar por un proceso de implementación no sólo en una organización; los datos que se carguen al simulador requerirán de un trabajo de procesamiento de información en un número plural de empresas, para evaluar y validar los resultados. Esta será la tarea del equipo de investigación para la siguiente fase de este proyecto.

### **Referencias bibliográficas**

Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. España.

Betancur, J. & Rodríguez, G. (2012). Modelo sistémico integrado de gestión para la transformación productiva sostenible (MOSIG-TPS). En Desafíos de la Gerencia en entornos competitivos, Encuentro Internacional de Investigación en Administración, Conferencia Ascolfa.

Correa E., A., & Gómez M., R. (2008). TEGNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO. *Dyna*.

- Cuartas R., D., Estrada M., J., & López F., G. (2013). Capital Intelectual, valoración mediante modelación. *Gestión de las Personas y Tecnología*, 52-59.
- Cuenca P., I., & Urquiaga R., A. J. (2005). Modelación del proceso de producción de un biofármaco mediante la aplicación del modelo general de organización. *Ingeniería Industrial*, 13-17.
- Díaz P., F. N. (2008). Gestión de procesos de negocio BPM (Business Process Management), TICs y crecimiento empresarial. *Universidad y Empresa*, 151-176.
- Fraguela Formoso, J. A., Carral Couce, L., Iglesias Rodríguez, G., Castro Ponte, A., & Rodríguez Guerreiro, M. J. (2011). La Integración De Los Sistemas De Gestión. Necesidad De Una Nueva Cultura Empresarial. *Dyna*, 44-49.
- Galvis H., R. (2008). El aporte económico de las pymes en Colombia y su actualización tecnológica a partir del software libre basado en el concepto de ERP. *Entramado*, 64-79.
- García G., L. A., & Pérez C., M. (2010). Diseño y Construcción de una herramienta de simulación y proyección del modelo de evaluación de la investigación en Colombia Scienticol. *Umbral Científico*(17), 48-54.
- Gordillo, J. L., Martínez, E., & Stephens, C. R. (2012). Develando estrategias de mercado: minería de datos aplicada al análisis de mercados financieros. *Computación y Sistemas*, 221-231.
- Gulino, E., Dottori, C., Willis, E., & Vergara, F. (2006). Análisis de una empresa del sector maderero desde la dinámica de sistemas. *Revista de dinámica de sistemas*, 57-100.

- Gutiérrez, M., Cocho, P., & Durán, A. (2005). *Modelado flexible de asignación de atributos a entidades empresariales*.
- Jansson, A., & Delgado, C. (2000). Optimización del proceso de cirugía en hospitales públicos. Una aplicación de la modelación matemática entera en la prestación de atención quirúrgicas en el hospital del Salvador, Santiago de Chile. *Pharos*, 7(1), 31-62.
- Limone, A. y Marinovic, M. (2008). El análisis interno: condición de posibilidad para el éxito de una estrategia y un instrumento para el diagnóstico. El scanner de gestión. En: Revista de la Escuela de Ingeniería Comercial, Universidad de Valparaíso, Edición cincuentenario. Págs. 71- 83.
- Matos R., N., & Iglesias C., C. (2012). Modelo económico–matemático para la organización racional de los medios técnicos en la cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3), 49-54.
- Moya A., F., Herrero, V., & Guerrero, V. (s.f.). La aplicación de Redes Neuronales Artificiales (RNA): a la recuperación de la información. *ResearchGate*.
- Parra M., C., Perez R., J., & Torres F., D. (2006). Modelación y simulación computacional de un proceso productivo de una pequeña empresa usando dinámica de sistemas. *Ingeniería y Desarrollo*, 151-171.
- Pérez, K., Leyva-Vázquez, M., Espinilla, M., & Estrada, V. (2014). Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos . *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 19-34.

- Ramirez, G., Chantre, A., & Delgado, C. (2014). Modelación lógica conceptual de un sistema tecnológico de trazabilidad turística. *Ingeniería y Competitividad*, 16(1), 83-95.
- Riemi M., M. (2003). Propuesta de optimización de la gestión de información en la pequeña empresa y mediana empresa, sector turístico. *Ciencia y Sociedad*, 253-270.
- ROJAS DIAZ, J., CHAVARRO PORRAS, J. C., & MORENO LAVERDE, R. (2008). Técnicas de lógica difusa aplicadas a la minería de datos. *Scientia Et Technica*, 1-6.
- Rosado G., A. y. (2010). INTELIGENCIA DE NEGOCIOS: ESTADO DEL ARTE. *Scientia Et Technica*, 321-326.
- Sánchez Díaz, M. (2005). Breve inventario de los modelos para la gestión del conocimiento en las organizaciones. *Acimed*, 13.
- Sotolongo G., M. V. (2001). Aplicaciones de las redes neuronales. El caso de la Bibliometría. *Ciencias de la Información*, 27-34.