

Modelo de simulación dinámica para el diagnóstico de la PYME

Germán A. Méndez Giraldo¹
Lindsay Álvarez Pomar²
Dusko Kalenatic³

RESUMEN

El presente artículo presenta los resultados de la primera fase del proyecto de investigación «Estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa –PyMe – mediante sistemas dinámicos». En esta fase se realizó el diseño, desarrollo y sistematización de un modelo de diagnóstico para la PyMe que combina en forma adecuada un conjunto de modelos de simulación continua en cada una de las siete secciones consideradas de interés para la organización productiva, a saber: área funcional de calidad, de finanzas, medio ambiente, mercados, producción, recursos humanos y tecnología; modelos que permiten analizar por separado las causas de una buena o mala gestión de dichas áreas.

Se construyó un modelo de diagnóstico integral para la Pequeña y Mediana Empresa en un ambiente de simulación generado por la integración de los conceptos de la dinámica industrial y bajo el enfoque sistémico, con el fin de apoyar las decisiones del sector financiero para otorgar préstamos a la PyMe y como mecanismo de ayuda para el diagnóstico y posterior mejora de la organización en general. Así mismo, se obtiene un cúmulo de características, relaciones y en general, predicados necesarios para la creación de la base de conocimiento para un futuro desarrollo de un sistema experto de diagnóstico.

Palabras clave: Sistemas Expertos, Diagnóstico Empresarial, PyMe, Simulación Continua.

Dynamic Simulation
 Model to PyMe Diagnostic

ABSTRACT

This paper shows the results of the first phase of research «Structure of Integral Diagnostic System to Small and Medium Enterprise – Focused by Dynamics Systems». In this phase

has been designed, developed and systematized model to Pymes diagnostic, which combines different kind of continuously simulation models in each of seven functional areas to divide a productive organization such as: Quality, Financial, Environment, Marketing, Production, Human Resources and Technology. These models can understand separated de good or bad management in these functional areas.

We built an integral diagnostic model to Pyme in a simulation environment, which it linking Industrial Dynamic concepts and system focused in order to support financial decisions to minimized risk of Pyme's loans and as a tool of diagnosis and business improvement. In addition, was possible to get a cumulus of characteristic, relations and rules to build knowledge base, in order to develop an Expert Diagnostic System in a future.

Key words: Expert System, Enterprise Diagnostic, Small and Medium Business, Continuously Simulation.

1. INTRODUCCIÓN

El grupo de Simulación y Sistemas Expertos, desarrolló la primera fase del proyecto de investigación «Estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa –PyMe – mediante sistemas dinámicos» que pretende como objetivo final el desarrollo de una herramienta basada en sistemas expertos, que permita el diagnóstico de las PyMe, para que ellas se puedan retroalimentar y a su vez les permita identificar las oportunidades de mejora que potencialmente les facilite el acceso a créditos.

El Proyecto esta compuesto de tres fases o sub-proyectos [Figura 1]. El primero consiste en la recolección de información para la generación de la base de conocimiento (en el cual se basa el presente artículo). El segundo es la

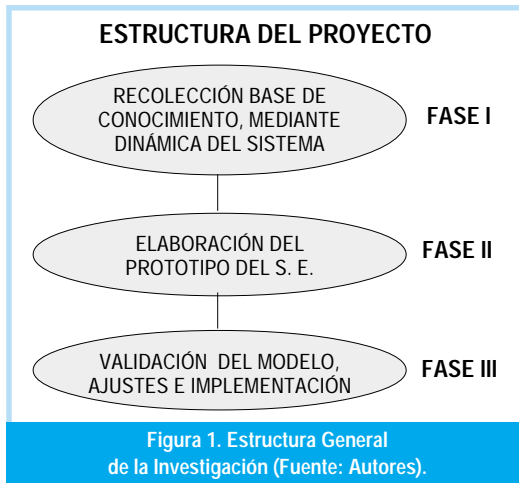
¹ Director e Investigador del Grupo de Investigación Simulación y Sistemas Expertos. Investigador Principal del Proyecto Diseño de Prototipo Diagnóstico para la PYME.

² Investigadora del Grupo de Investigación Simulación y Sistemas Expertos. Co-Investigadora del Proyecto Diseño de Prototipo Diagnóstico para la PYME.

³ Investigador Invitado.

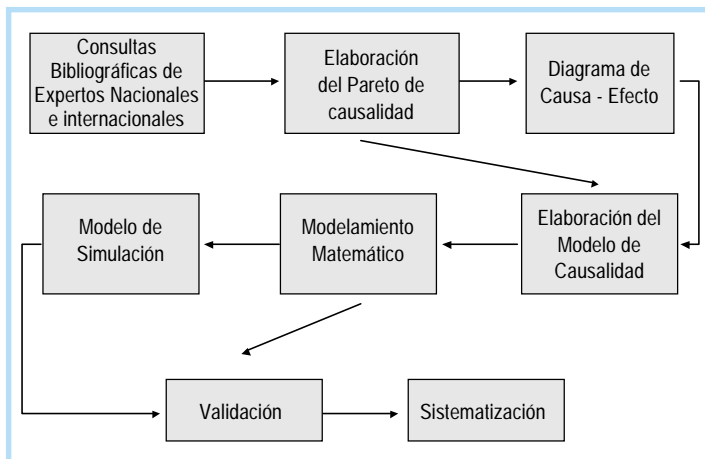
Se diseñó e implementó una metodología para la gestión del conocimiento, obteniendo resultados exitosos en la creación de la base de conocimiento.

elaboración del experto y el tercero, la validación del sistema experto. El primer sub-proyecto a su vez cuenta con dos etapas: la primera, que consiste en la recolección de información propiamente dicha y la segunda, el desarrollo del modelo general de simulación para la construcción de la base de conocimiento.



2. METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO^[3]

Gestionar el conocimiento es un proceso complejo porque se requiere transformar datos y/o hechos en información, es decir, determinar su valor para el sistema a modelar y posteriormente ser transformado a conocimiento, que permita realizar inferencias y predicciones, requiriendo de una metodología que permita un enfoque sistémico e integral y que facilite la obtención del conocimiento [Figura 2].

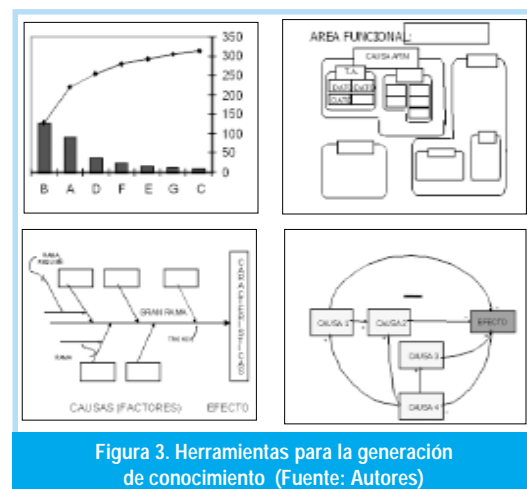


La consecución de datos se realizó mediante consulta bibliográfica asumiendo que el conocimiento de expertos queda plasmado en sus

obras, en algunos casos de mejor manera que a través de sus opiniones verbales. Esta técnica ha sido probada como una primera fuente de información para construir la base del conocimiento[1]. Para ello se revisaron más de 420 referencias bibliográficas entre nacionales y extranjeras, de las cuales 38% corresponden al primer tipo y el 62% restante son extranjeras, principalmente de México y España, corroborando su pertinencia al caso Colombiano.

El proceso de transformar los datos en información se abordó mediante la ponderación a través de un análisis de Pareto teniendo en cuenta la repetición de las afirmaciones por parte de los autores consultados. Posteriormente se realizaron los diagramas de afinidad y de causa efecto.

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras que muestra la frecuencia relativa de hechos en orden descendente. Se conectan con una línea para mostrar la adición incremental. Una vez compilada la información proveniente de los expertos nacionales e internacionales, se homologan causas mediante la afinidad de variables [Figura 3]. Para ello se utiliza el diagrama de afinidad que permite entender sistemáticamente la estructura de un problema global. La afinidad se utiliza entre partes o fragmentos de partes de datos verbales.



Para medir la importancia relativa de las causas afines se construye el Diagrama de Pareto, encontrando que con pocas causas se puede analizar cada área funcional, partiendo de la idea original de Pareto (un 20% de las causas se repiten en el 80% de las opiniones de los expertos). A partir de este análisis se realiza el Diagrama

ma de Causa – Efecto, que sirve para clarificar las causas de un problema.

Este diagrama está compuesto por dos áreas básicas: una de causas o de factores que afectan y otra de efectos. Las flechas indican la relación entre los efectos y las causas. Para este desarrollo se parte de la pregunta ¿Qué afecta el buen desempeño del área funcional? y posteriormente se discriminan por importancia y por afinidad como en el caso anterior. A partir de este se identifican causas principales y sub-causas hasta de tercer nivel. Lo importante es cubrir el efecto con la mayor cantidad de causas relevantes [Figura 3].

Para la *transformación de la información en conocimiento*, se realizaron etapas sucesivas partiendo del análisis de causalidad hasta llegar al modelo de simulación propiamente dicho, pasando por una etapa de modelamiento matemático.

Mediante el Modelo de Causalidad se identifica el sentido de la relación, es decir, si se presenta una acción compensadora de la causa sobre el efecto (que en la medida que aumenta la causa el efecto disminuye o viceversa) o si la acción es reforzadora (en otras palabras saber si mientras la causa aumenta también aumenta el efecto o viceversa) [Figura 3].

A partir del modelo de causalidad se construye un modelo matemático para analizar los impactos de las causas sobre una adecuada gestión del área funcional. En esta parte se desarrolla una matematización del problema que implica la transducción de variables (redefinición) y la operacionalización de las mismas. El modelo matemático debe ser capaz de representar las relaciones causales que afectan el comportamiento funcional de la PyMe, de manera que se siguieron los lineamientos de la Dinámica Industrial desarrollada por Jay Forrester [2]. Esta consiste en determinar niveles y tasas; los primeros, son entendidos como la acumulación física o ideológica de los distintos flujos (materiales, personal, medios de trabajo, capital, pedidos e información) dentro del sistema; y las tasas son las que modifican los niveles a través de acciones o decisiones dirigidas para alcanzar metas, estas drenan o llenan un nivel.

Pero como la definición matemática no es suficiente para el caso de estudio, se construye

un modelo de simulación continua, que representa las características de funcionamiento de las empresas: se establecen los requerimientos básicos de manejo de tiempo, definiciones de niveles y tasas, así como de los distintos parámetros requeridos y generados tanto por el modelo matemático, como por el modelo causal. Para ello se utiliza un lenguaje de simulación continua bajo un ambiente diagramático, en donde el usuario desarrolla el modelo con ayuda de iconos; permitiendo la construcción del modelo directamente en la pantalla del computador de manera gráfica.

Luego de la construcción del modelo se procede a su *validación*, realizando diferentes corridas del modelo para convalidar por un lado el sentido de la causalidad y por el otro, las interacciones ocultas entre distintas causas y subcausas. Se realizan experimentaciones críticas utilizando valores binarios, en muchos casos para analizar los impactos en completa ausencia de las causas o con una incidencia total. De esta validación se depuran las causas y los sentidos causales.

2.1. MODELO GENERAL

En la construcción del modelo general de diagnóstico, se identificaron y analizaron siete áreas funcionales de las PYME mediante la aplicación de la metodología descrita. Estas áreas funcionales son: Calidad, Finanzas, Medio Ambiente, Mercadeo, Producción, Recursos Humanos y Tecnología. En cada una de ellas se determinaron los flujos existentes y las relaciones causales se plasmaron en modelos individuales de cada área funcional.

Los modelos de cada área, analizados por separado, se caracterizaban por no contemplar las relaciones con variables, efectos y flujos propios de otras áreas y por lo tanto no contaban con un enfoque integral y sistémico para el diagnóstico de la PyME, aunque lo tenían para el sistema entendido como el área funcional específica; de manera que fue necesario analizar las variables por área funcional y su interacción con otras de la misma y de otras áreas, mediante la construcción de una matriz que además de permitir visualizar la interacción, relaciona los flujos inter-actuales con las áreas funcionales.

Para la construcción del modelo general fue necesaria la redefinición de las variables y de nuevo, la aplicación de la metodología propuesta.

El uso de multiplicadores hace que el modelo de diagnóstico se pueda adaptar a diferentes sectores.

Se establecieron medidas de desempeño para estas variables con el fin de establecer el sentido de la causalidad, así como ponderar la importancia relativa de esta para la PyMe, a partir de la presencia que tienen dentro de las áreas, entendida como la cantidad de áreas y flujos que se ven afectados por ella; construyéndose un modelo general que integra los siete modelos desarrollados por áreas [Figura 4].

Este modelo es mucho más que la suma de los modelos individuales de las áreas funcionales, ya que recogía los efectos y relaciones causales de variables que afectan simultáneamente a varias de estas. Para su construcción se hizo necesaria nuevamente la aplicación de la metodología propuesta, pero ahora con un enfoque más global, debido a la redefinición del sistema, que pasa a ser la PyME como un todo.

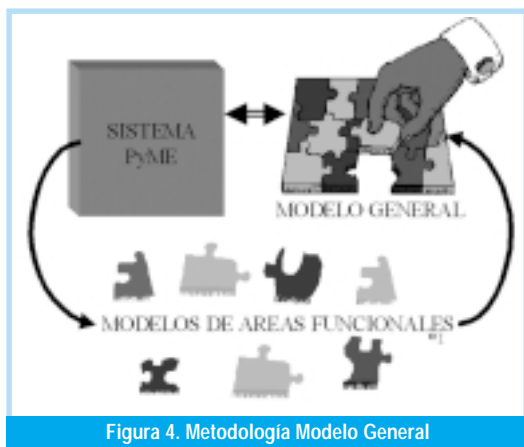


Figura 4. Metodología Modelo General

En términos generales, el enfoque se basó en un proceso deductivo – inductivo, es decir, se parte de lo general a lo particular (se concibió el sistema denominado PyME como un conjunto de elementos interactuantes llamados áreas funcionales que se analizaron por separado) y luego de lo particular a lo general (los análisis y conclusiones de cada modelo particular se integraron en un modelo general para el diagnóstico de la PyME).

El modelo general cuenta con un menú principal con cuatro opciones iniciales: Acerca del Proyecto (descripción del proyecto de investigación, del grupo que ha adelantado el proyecto y una breve introducción de las áreas), Entrada de Datos (se agrupa la información en características de afinidad), Ejecución del Modelo y Presentación de Resultados. [Figura 5].

ENTRADA	PROCESO	SALIDA
Definición de Secciones (Funcionales: 7 de Interés: 3)	Definición de Variables Afines por Secciones (66)	Calificación de Gestión de Áreas Funcionales
↓	↓	↓
Definición de Variables (14)	Definición de Variables Obligatorias (33)	Calificación de Áreas de Interés
↓	↓	↓
Asignación de Parámetros (285)	Análisis de Causalidad	Despliegue numérico y gráfico
	↓	↓
	Determinación de multiplicadores	↓
	↓	Análisis de Escenarios
	Cálculo de Valores	

Figura 5. Diseño del Modelo de Simulación (Fuente. Autores)

Las salidas del modelo responden a los requerimientos y deseos de información de los usuarios, clientes, dueños, trabajadores y entidades financieras, principalmente. Se agrupan en gestión global de la PyME, el riesgo que indica la capacidad de la organización para afrontar los retos internos y externos y finalmente la calificación del diagnóstico que igualmente se puede denotar como la evaluación que hace el modelo integralmente a la PyME.

2.1.1. Área de Entrada Datos al Modelo

Para facilitar el proceso de captura de datos y permitir visualizar el enfoque integral del modelo, se definen catorce bloques de información para el diagnóstico, que permiten caracterizar el sistema a través de parámetros que intervienen en el comportamiento de estas. Los bloques definidos son los siguientes:

- Perfil empresa, en la que se pretende determinar por un lado el conocimiento de la empresa y por el otro el nivel de desarrollo;
- Perfil empresario, que mide las características de la clase dirigente y de los dueños de la PyME;
- Análisis del entorno, que mide el impacto del medio ambiente interno y externo;
- Conocimiento del mercado, que se basa en el conocimiento de la competencia y en el conocimiento de los Clientes;
- Estrategias de mercadeo, que se basan en la formulación y desarrollo de las mismas;
- Manejo de proveedores, en lo que se refiere a la calidad de los suministros y la calidad propiamente como proveedor o agente de la cadena logística;
- Gestión financiera, en lo que se refiere al manejo de fuentes y de usos;
- Fijación de precios, que analiza las estrategias seguidas para asignar el precio a los productos y servicios;

- Manejo de variables financieras, tanto para la gestión del recurso disponible como para la consecución de nuevas fuentes de financiación;
- Gestión de personal, agrupa todos los aspectos de administración de personal y de las estrategias para su desarrollo principalmente en lo que se refiere a motivación y a capacitación;
- Gestión de calidad, en lo que se refiere a los procesos administrativos y de producción;
- Gestión ambiental, en cuanto a políticas y acciones seguidas para preservar el medio ambiente y las condiciones de operación de la organización;
- Gestión de producción, manejo del sistema productivo y sus resultados;
- Gestión de tecnología, tanto en la definición de políticas de investigación como en el desarrollo de las mismas.

En el desarrollo del modelo computacional [Figura 6], en lo pertinente a los bloques de entrada, se da una breve descripción de cada uno de los parámetros y se solicita que el usuario califique su incidencia para la PyMe de 0 a 5; en donde el primer valor indica ninguna afectación, incidencia o presencia y el valor de 5 representa todo lo contrario.

2.1.2. Área de Proceso del Modelo

Permite el proceso de ejecución del aplicativo (ejecución del modelo matemático) [Figura 6]. En general es el área de cálculos y procesos,

denominada caja negra del modelo (*black box*). Se basa en los principios de multiplicadores, es decir, que cada uno de los 285 parámetros involucrados en el modelo, tiene un peso específico dentro del sector y la variable a la que pertenece. Esta a su vez, dependiendo del efecto causal que produzca, afectará el nivel de gestión de su área. Si es un efecto de aumentar el nivel en la medida que aumente su valor (calificación) es un *reforzador* y por lo tanto afecta la tasa de entrada. En caso contrario, si su efecto es *compensador*, hará parte de la tasa de salida que drena o disminuye el nivel en cuestión.

Al utilizar los multiplicadores se gana la posibilidad de realizar modelos más ajustados a las características de los sectores de la economía a los que se aplique, a la región, o al país, si es el caso. Puede ajustarse a condiciones especiales y particulares del medio, por ejemplo, si se trata de una industria intensiva en uso de mano de obra, como la textil, cueros, minería, entre otras, se afectaría la gestión de la PyMe (y por lo tanto su diagnóstico), con mayor énfasis por los factores de personal, material, producción y por aquellas variables que envuelve su ejecución; aunque no por ello, se descarte el impacto que tiene la tecnología en su calificación.

Los valores asignados a los multiplicadores son los que se obtuvieron de modelos específicos de las áreas (en trabajos anteriores del grupo de investigación) [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]. Es posible que algunos valores requieran ser revisados y modificados, para ajustarlo a otros

El modelo calcula indicadores de Gestión, de Riesgo y una Calificación General de la PyME, que permite el análisis para el diagnóstico y la mejora del sistema.

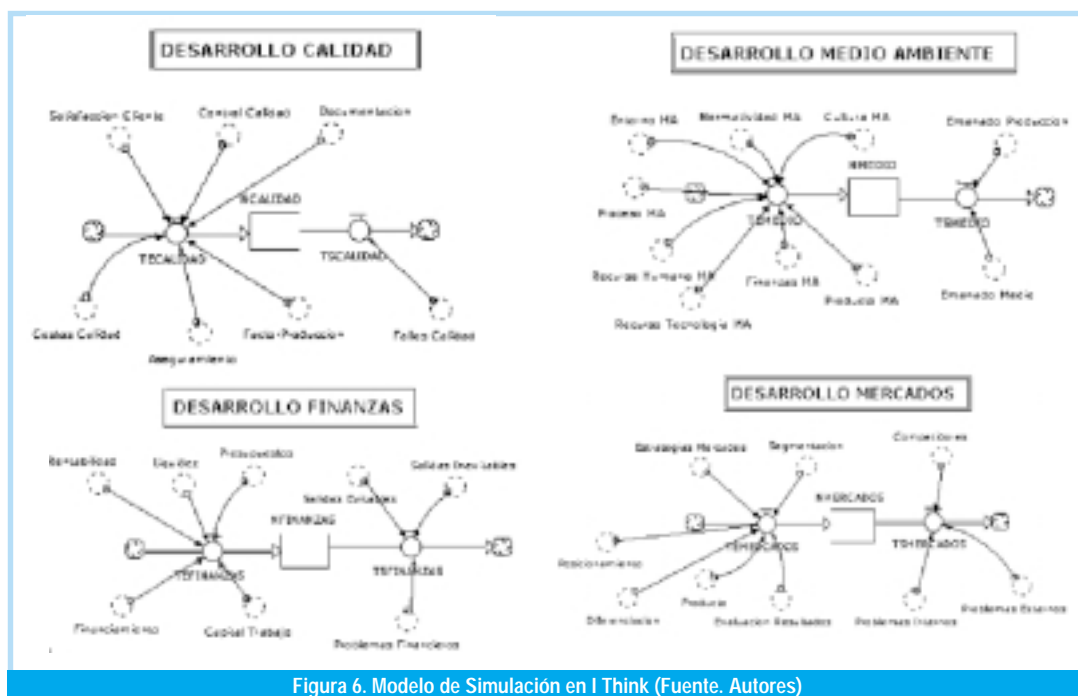


Figura 6. Modelo de Simulación en I Think (Fuente. Autores)

ambientes, pero desde luego, hace parte de lo adaptable que puede llegar a ser este modelo.

El área de proceso se compone de dos secciones, una que calcula las *variables de diagnóstico* y la otra que evalúa los *indicadores de gestión* de cada una de las áreas funcionales ya mencionadas, así como la *gestión global de la organización*, el *manejo del riesgo* y la *calificación del diagnóstico*.

El modelo calcula las variables mencionadas, basado en el tipo de relación (refuerzo o compensación) de estas sobre cada área funcional y teniendo en cuenta los parámetros de entrada del modelo; calcula también el grado de incidencia de los parámetros dentro de la segunda sección (indicadores de gestión de cada área, gestión global y manejo del riesgo). Se excluye la de Diagnóstico o calificación pues quedaría doblemente impactada, debido a que esta medición es resultado de la interacción de las otras calificaciones. Las variables para la sección de diagnóstico de áreas funcionales son las siguientes:

1. Área de Calidad: Satisfacción de los Requerimientos del Cliente, Control Calidad, Aseguramiento, Factores de Producción, Documentación, Costos Calidad, Fallos, Calidad, Nivel de Calidad, Tasa de Entrada de Calidad, Tasa de Salida de Calidad.
2. Área de Finanzas: Rentabilidad, Liquidez, Presupuestos, Financiamiento, Capital Trabajo, Salidas Evitables, Salidas Inevitables, Problemas Financieros, Nivel de Finanzas, Tasa de Entrada de Finanzas, Tasa de Salida de Finanzas.
3. Área de Medio Ambiente: Entorno y Mercados, Normatividad, Cultura Organizacional, Proceso, Recursos Humanos, Recursos Tecnología y de capital, Sector Financiero, Producto, Emanados a la Producción, Emanados al Medio Ambiente, Nivel de Medio Ambiente, Tasa de Entrada de Medio Ambiente, Tasa de Salida de Medio Ambiente.
4. Área de Mercados: Estrategias de Mercado, Segmentación, Posicionamiento, Diferenciación, Producto, Evaluación de Resultados, Competidores, Problemas Internos, Problemas Externos, Nivel de Mercados, Tasa de Entrada de Mercados, Tasa de Salida de Mercados.
5. Área de Producción: Inventarios, Planeación y Programación, Procesos, Capacidades, Mano de Obra, Costos, Materiales, Retrasos Buenos, Retrasos Malos, Dificultades,

Nivel de Producción, Tasa de Entrada de Producción, Tasa de Salida de Producción.

6. Área de Personal: Selección de Personal, Cultura Organizacional, Motivación, Clima Organizacional, Cambio, Problemas Trabajo, Afectación Laboral, Nivel de Personal, Tasa de Entrada de Personal, Tasa de Salida de Personal.
7. Área de Tecnología: Planeación, Personal, Productos, Proceso, Apoyo Institucional, Conocimiento, Aversión, Nivel de Tecnología, Tasa de Entrada de Tecnología, Tasa de Salida de Tecnología.

Las variables para la segunda sección (indicadores de gestión de cada área, gestión global y manejo del riesgo), son las siguientes:

1. Indicador de Gestión: Gestión Interna, Gerente, Factores Externos, Factores Internos, Nivel de Gestión, Tasa de Entrada de Gestión, Tasa de Salida de Gestión.
2. Indicador de Riesgo: Riesgo Interno, Riesgo Externo, Atenuador Empresa, Atenuador Gerente, Nivel de Riesgo, Tasa de Entrada de Riesgo, Tasa de Salida de Riesgo.
3. Calificación: Nivel de Calificación, Tasa de Entrada de Calificación, Tasa de Salida de Calificación.

El *indicador de Gestión* analiza principalmente las acciones emprendidas en la organización para abordar los retos impuestos desde y hacia dentro de la organización. La capacidad de reacción por parte de la administración, en general, permite detectar hasta donde sea posible, cómo es el actuar de la empresa en lo que se refiere a su dirección, las políticas y el marco institucional que la rige.

El *indicador de riesgo* no solo analiza el aspecto económico y financiero, también incluye otros que lo rigen o modifican de manera estructural como son las políticas internas y externas a la PyMe. En este caso vale la pena comentar que este riesgo calificado con cinco indica un valor sumamente nocivo y peligroso para la organización y para aquellos agentes que de una u otra manera quieren colocar recursos en esta. Es por ello que se dan los atenuadores como funciones de reacción de la empresa para mitigar y suavizar los efectos contrarios del riesgo y se ven afectados por el accionar de la misma administración.

La *calificación* es un valor de orden cuantitativo basado en los parámetros y variables del

modelo de simulación. Considera los niveles de calificación obtenidos por las diferentes áreas y afectados tanto por la calificación general de la gestión de la empresa, como por la capacidad de afectación dada por el indicador de riesgo. En general, permite tomar decisiones encaminadas a diagnosticar la organización de manera puntual.

2.1.3. Área de Salida del Modelo

En esta área se presentan los valores numéricos y gráficos de las distintas secciones ya mencionadas, adicionalmente se permite realizar los famosos análisis del tipo que pasaría (*What if...*) al permitir el cambio paramétrico de factores y con esto evaluar la sensibilidad de la respuesta.

2.2. VALIDACIÓN DEL MODELO

En la sección de salida del modelo, el analista, con la ayuda de la aplicación, puede realizar diagnósticos que permitan medir el impacto de las recomendaciones incluso antes de sugerirlas al empresario. Desde luego este diagnóstico sigue siendo tradicional ya que requiere de un experto, pero su desempeño es auxiliado por la ayuda computacional. En general se obtienen datos de la medición (Tasa de Entrada, Nivel y Tasa de Salida) para las variables más importantes de cada sección. Con el fin de verificar el modelo, se realizaron cinco escenarios distintos:

1. Variables en Máximo Valor: A todos los parámetros se les asigna un valor de cinco.
2. Variables en Mínimo Valor: Valores de cero para todos los parámetros.
3. Variables en Optimo Valor: Dependiendo de su lazo reforzador o compensador en todas las variables, se asignan valores de cinco ó cero respectivamente.
4. Variables en Condiciones Normales: Valores asignadas por un usuario típico.
5. Variables con Manipulación: Se dan los mejores valores a los parámetros dependiendo del área a la que se «cree teóricamente» que más afecta (teniendo en cuenta la opinión obtenida de los expertos).

En estos escenarios se analiza cómo responde el modelo de diagnóstico frente a diferentes tipos de calificaciones que eventualmente dieran los usuarios del modelo. Los resultados se presentan en la tabla 1 y 2.

Tabla 1. Calificación por Escenarios y por Áreas Funcionales

Escenarios	Sección	Calidad	Finanzas	Marketing	Producción	Personal	Tecnología
Valores Máximos	Entrada	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Salida	3,50	2,50	3,25	2,50	2,50	1,50
	Nivel	3,50	2,50	3,75	2,50	2,50	3,50
Valores Mínimos	Entrada	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
	Salida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Nivel	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Valores Óptimos	Entrada	4,89	5,00	4,64	4,61	4,88	4,69
	Salida	3,17	3,68	3,08	3,00	3,27	3,00
	Nivel	4,77	4,32	4,58	4,81	4,41	4,49
Valores Normales	Entrada	2,58	3,82	2,16	2,26	2,32	2,81
	Salida	0,57	3,30	0,78	1,17	1,63	0,93
	Nivel	1,93	3,52	1,08	1,09	0,89	1,88
Valores Manipulados	Entrada	2,46	4,87	2,11	2,50	2,74	2,81
	Salida	0,57	3,00	0,78	1,17	1,63	0,93
	Nivel	1,99	3,78	1,01	1,13	1,11	1,86

En las secciones del modelo de simulación se observan valores puntuales de calificación, sin embargo, resultaría útil aprovechar el modelo haciendo corridas en el tiempo, que reflejen los efectos de posibles acciones de mejora en la organización. Por ejemplo, cómo un plan de capacitación sostenido en el tiempo, puede mejorar el nivel de motivación del recurso humano a la vez que permite mejorar la calidad de los productos en el mediano plazo.

Tabla 2. Calificación por Escenarios de las Medidas de Desempeño

Escenarios	Sección	Gestión	Riesgo	Diagnóstico
Valores Máximos	Entrada	5,00	5,00	2,90
	Salida	1,00	1,00	0,13
	Nivel	4,00	4,00	2,77
Valores Mínimos	Entrada	0,00	0,00	0,02
	Salida	0,00	0,00	0,00
	Nivel	0,00	0,00	0,02
Valores Óptimos	Entrada	4,35	1,38	4,53
	Salida	0,00	0,00	0,00
	Nivel	4,35	1,38	4,53
Valores Normales	Entrada	2,09	2,89	1,22
	Salida	2,09	1,76	0,14
	Nivel	0,00	1,13	1,08
Valores Manipulados	Entrada	2,18	2,92	1,69
	Salida	2,18	1,58	0,17
	Nivel	0,00	1,34	1,52

Los valores de los niveles en cada área funcional, se obtienen de la relación de las tasas de entrada y salida, tal y como lo sugiere Forrester [2].

El indicador de *calificación* refleja la «salud» de la PyMe, como se observa ni aún en los valores máximos o en los óptimos, esta calificación sería de 5.0, ya que se ha diseñado un sistema complejo de calificación y en el modelo no es evidente identificar en términos generales, cuál es el mejor o peor caso; debido a que las relaciones que existen entre los parámetros y las variables, no son lineales y sus efectos pueden ser opuestos en diferentes áreas funcionales. Por ejemplo, el nivel de existencias facilita la labor del área funcional de producción, pero no es favorable para el área funcional de finanzas. En general, puede observarse que ninguna industria es tan buena, o tan mala como para obtener estos valores límite.

La aplicación de la metodología propuesta permitió la creación de un modelo de simulación dinámica para el diagnóstico de la PyME, que permite el análisis de la misma, con un enfoque integral y sistémico.

En la figura 7 se observa que los niveles de gestión son buenos sólo en los escenarios máximo y óptimo, en los demás casos, los resultados de la gestión son deficientes, debido a que algunas áreas funcionales tienen buenos resultados pero otras no, lo que induce a pensar que no se aplica en las PyMEs un enfoque de gestión integral, teniendo en cuenta que este comportamiento poco favorable se observó en los escenarios de valores normales y manipulados (que fue creado con valores teóricamente «buenos» para el área específica a la que pertenece).

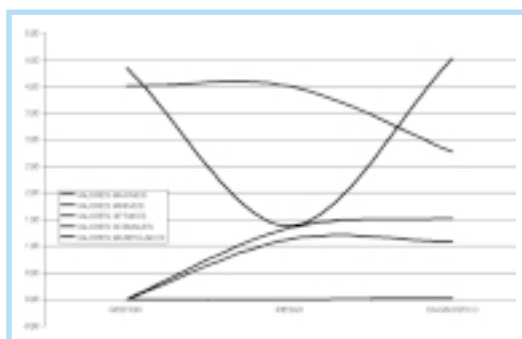


Figura 7. Calificación del Modelo de Simulación

En el escenario con los valores mínimos no hay riesgo, pero al mismo tiempo la gestión es nula (si no se hace nada, no se arriesga nada). El riesgo se hace atractivo en los escenarios con valores normales, manipulados y óptimos y en el caso del escenario de valores máximos, el riesgo toma un valor alto debido a que aún los parámetros «nocivos» para la organización tienen la máxima calificación.

En cuanto a la calificación del diagnóstico, se observa que los escenarios se comportan altamente correlacionados a la gestión, sin que necesariamente sean iguales. Vale la pena decir que por la complejidad de las relaciones modeladas, las calificaciones en el caso óptimo, toman un valor de 4.5, reflejando los «sacrificios» de algunas áreas por favorecer otras en pro de la calificación global.

Se observa que este modelo de diagnóstico no es propenso al «engaño» convencional del usuario, debido a las múltiples relaciones concurrentes que no son fáciles de detectar. Este caso se refleja en el escenario de valores manipulados, pues las calificaciones de las tres medidas de desempeño son relativamente malas.

3. CONCLUSIONES

El uso de herramientas de calidad (Pareto, Espina de Pescado, Diagramas Causa Efecto y de Afinidad) facilita la recolección de información de expertos (fuentes indirectas) para la creación de bases de conocimiento, tanto a nivel global de la PyME como de sus áreas funcionales.

Para el modelamiento matemático se hizo necesaria la utilización de herramientas robustas de estadística (análisis multivariado en el caso de los multiplicadores) y de investigación de operaciones (como la simulación continua). Por ser una tarea compleja, el análisis de la PyME requiere múltiples esfuerzos en la estrategia de modelamiento; de tal forma que se hizo necesario establecer como metodología para acortar el ciclo de obtención de información, el análisis simultáneo e individual de las áreas funcionales para posteriormente integrarlas en un modelo único de diagnóstico.

Bajo esta metodología se hace necesario el análisis integral del sistema objeto de estudio aunque por practicidad sea basado en los estudios individuales de las partes que componen el sistema; esta integración se hace necesaria por la complejidad de las relaciones que se dan entre las partes, ya que un cambio en las mismas puede afectar incluso de manera contraria el comportamiento global del sistema.

La construcción del modelo integral hace visible el impacto de algunas variables en particular, no solo sobre el área funcional a la que pertenecen, sino también sobre otras áreas con las cuales se habían identificado relaciones causales. Evidenciando que variables que no tienen mucha incidencia en el área funcional a la que pertenecen, generan un gran impacto en el desempeño global del sistema y pueden ser influyentes en otras áreas.

Bajo este enfoque se identificaron cerca de 300 variables para la construcción del modelo, pero las de mayor impacto para la calificación global de la PyME, en su mayoría, afectaban las áreas de producción y finanzas, que concuerdan con el quehacer de la PyME de generar utilidades a través de la elaboración de productos.

La verificación del modelo se realizó a través del análisis de escenarios, donde se evidencia-

ban las relaciones causales a nivel global de la PyME, que los expertos describían en sus obras. Es decir, que aunque el modelamiento se inicio con el análisis de las áreas funcionales, el modelo general es coherente con el comportamiento global real de las PyME.

Este modelo permite dar una primera calificación del desempeño del sistema global y en específico de las áreas funcionales, permitiendo desde ya, servir de herramienta para el diagnóstico de las Pymes e incluso permitiendo detectar las áreas y variables que pueden ser potencialmente mejoradas.

La calificación del diagnóstico no es susceptible a manipulaciones con el fin de obtener buenas calificaciones para el acceso a créditos, por ejemplo; demostrándose que las relaciones de causalidad que se dan en la PyME la afectan en su totalidad, esto es que a pesar de mejorar un área específica de la organización, es posible que otra desmejore en su funcionamiento con lo cual se garantiza un análisis integral.

Con los resultados obtenidos en esta investigación, se pueden desarrollar otros proyectos como la construcción de un modelo de diagnóstico basado en sistemas expertos o la caracterización de sectores específicos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- [1] Giarratano, J. & Riley, G. *Sistemas Expertos Principios y Programación*. Ed. Thompson. México, 2001.
- [2] Forrester, Jay. *Industrial Dynamics*. M.I.T. Press. Cambridge. 1961.
- [3] Méndez, G. & Álvarez, L. *Diseño de prototipo diagnóstico para la pequeña y mediana empresa, PyME – Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Fondo de Publicaciones Universidad Distrital. Bogotá, 2005.
- [4] Bonilla, C. & Zamora J. *Integración del proyecto de estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa – Pyme – Enfoque Mediante Sistemas Dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.
- [5] García, J. & Prieto, C. *Análisis del área funcional de Calidad para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.
- [6] Parra, P. & Hurtado, G. *Análisis del área funcional de Finanzas para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.

- [7] Díaz, A., Flórez, C. & Parra, A. *Análisis del área funcional de Medio Ambiente para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.
- [8] Buritica, P. *Análisis del área funcional de Mercados para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.
- [9] Polo, A. *Análisis del área funcional de Producción para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.
- [10] Cristancho, A., Pachon, B. & Pinzon, E. *Análisis del área funcional de Recursos Humanos para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003.
- [11] Gómez, D. *Análisis del área funcional de Tecnología para la estructuración de un sistema integral de diagnóstico para la pequeña y mediana empresa - Pyme - Enfoque mediante sistemas dinámicos*. Tesis de Grado. Universidad Distrital, Bogotá, 2003. [1]

Dusko Kalenatic Ph.D.

Doctor en Ciencias Técnicas, Especialista en Ingeniería de producción, Ingeniero diplomado en organización del trabajo, Economista. Investigador, Centro de investigación en tecnologías avanzadas de decisión «Carlos Jordana», Universidad de la Sabana, Investigador, Grupo de Investigación GIP-Universidad Católica de Colombia, Investigador, Grupo de investigación MMAI, Universidad Distrital FJC. duskokalenatic@yahoo.com

Germán Méndez Giraldo Ph.D.

Ingeniero Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, de Bogotá, Colombia. Obtuvo su título de Maestría en 1998 en la Universidad De Los Andes de Bogotá, Colombia. Obtuvo su doctorado en 1999 en la Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Se desempeñó como Jefe de Producción en industrias nacionales y multinacionales, Gerente y Coordinador de proyectos. Consultor y asesor empresarial. Es profesor de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería de la UDFJC desde 1995 y se ha desempeñado en diversos cargos dentro de la Institución como coordinador del Proyecto Curricular Especialización en Ingeniería de Producción, de la Maestría en Ingeniería Industrial y fue Jefe de la Oficina de Relaciones Interinstitucionales.

Actualmente es el coordinador de la línea de Investigación en Simulación y Dinámica del Sistema y se desempeña como profesor en el área de Investigación de Operaciones en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia, y pertenece como investigador al grupo Simulación y Sistemas Expertos, donde realiza estudios sobre Metaheurísticas, Sistemas Expertos y PyME. gmendez@udistrital.edu.co

Lindsay Álvarez Pomar M.Sc.

Ingeniera Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, de Bogotá, Colombia. Obtuvo su título de Maestría en Ingeniería Industrial en la Universidad de Los Andes de Bogotá, Colombia. Se desempeñó como Coordinadora del Proyecto Curricular en Ingeniería Industrial de la UDFJC. Actualmente se desempeña como profesora asistente en el área de Investigación de Operaciones en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia, y pertenece como investigadora al grupo Simulación y Sistemas Expertos donde realiza estudios sobre Metaheurísticas y PyME. lalvarez@udistrital.edu.co

El modelo es poco susceptible al «engaño» por parte del usuario, debido a la complejidad en el cálculo de las variables.