



**Institución Universitaria**

**MODELO DE OPTIMIZACIÓN MEDIANTE ENJAMBRES DE  
PARTÍCULAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA TOMA DE  
DECISIONES EN MODELOS FINANCIEROS**

**JAIME DARÍO GARCÍA MONSALVE**

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO - ITM  
MAESTRÍA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
MEDELLÍN, COLOMBIA  
Abril 2018



# **Modelo de optimización mediante enjambres de partículas para la automatización de la toma de decisiones en modelos financieros**

**Jaime Darío García Monsalve**

Trabajo de investigación para optar al título de  
Magíster en Automatización y Control Industrial

Director:

Ph. D. Jorge Alberto Jaramillo Garzón

Codirector:

MSc. Germán David Góez Sánchez

Grupo de investigación:

Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM

Facultad de Ingenierías

Medellín, Colombia

Abril 2018



*La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.*

*Albert Einstein*



## **Agradecimientos**

En primer lugar, expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por haberme dado la vida y por guiarme; a mis padres, por inculcarme valores y darme su apoyo para alcanzar todas mis metas; quiero agradecerles, también, a mi esposa y a mis hijos por brindarme el apoyo moral y el acompañamiento necesario para salir adelante.

Al doctor Jorge Alberto Jaramillo Garzón y al magíster Germán David Góez Sánchez, profesores del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), por su valioso aporte académico como directores de esta tesis de maestría y, en especial, por su dedicación desinteresada.

A mis docentes de la maestría por la dedicación, por la experiencia y los conocimientos transmitidos, además de la paciencia en la dirección de mi proceso de formación como magíster.

Al ITM y a sus directivos por brindarme la oportunidad de realizar mi maestría.





## Resumen

Este trabajo propone un modelo automático multivariable basado en el algoritmo de optimización por enjambre de partículas. El propósito de este método es proyectar la estructura financiera de una empresa partiendo de los estados financieros y las políticas financieras. Este método de análisis permite la toma de decisiones de inversión, financiación y dividendos. Las herramientas de proyecciones tradicionales matemáticas y estadísticas, así como las razones financieras, relacionan variables en el tiempo, sin considerar los comportamientos entre ellas, mientras que el método desarrollado en esta tesis relaciona varias variables. El modelo se construye a partir de una función objetivo con base al flujo de caja libre, el cual es evaluado con valores tomados del estado de la situación financiera, así como indicadores y políticas financieras. Al implementar el modelo bajo condiciones de inversión, crédito y dividendos se determinó la utilidad y la estructura financiera, valores que fueron analizados mediante la comparación con periodos anteriores. Los resultados obtenidos muestran cual debe ser la política de dividendos y estructura financiera, de una empresa tal que cumpla con sus objetivos y metas, así como con las obligaciones que tiene con los beneficiarios financieros, permitiendo concluir que el modelo de automatización se puede ejecutar con resultados favorables para proyectar variables económicas y financieras.

**Palabras clave:** Optimización por enjambre de partículas, beneficios antes de intereses, tasas, depreciaciones y amortizaciones, flujo de caja libre, servicio a la deuda, dividendos, objetivo básico financiero.

## Abstract

This thesis proposes a multivariate automatic model founded on the particle swarm optimization algorithm. The purpose of this method is to project the financial structure of a company on the basis of its financial statements and financial policies. This analysis method allows decision making related to investment, financing, and dividends. Traditional mathematical projection and statistics tools, as well as financial reasons, relate variables in time, without considering their behavior between them; whereas the method developed in this thesis relates several variables. The model is built from an target function based on free cash flow, which is evaluated with values taken from the condition of the company's financial situation, along with indicators and financial policies. When implementing the model under the conditions of investment, credit and dividends, profit and financial structure were found, values that were analyzed by comparison with previous periods. The results show which dividend and financial structure policies a company should have, one that meets its objectives and goals, as well as the obligations it has with its financial beneficiaries, allowing to conclude that the model of automation can be run with favorable results to project economic and financial variables.

**KEYWORDS:** Particle swarm optimization, earnings before interest, taxes, depreciation and amortization, free cash flow, debt service, dividends, basic financial objective.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Lista de símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>XV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
Descripción del problema .....	2
Objetivos .....	4
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos .....	4
<b>1. Marco teórico y estado del arte</b> .....	<b>5</b>
1.1 Planteamiento de modelos financieros .....	5
1.2 Modelos de regresores estadísticos.....	9
1.3 Modelos de inteligencia artificial .....	11
1.4 Estructura financiera de la empresa.....	16
1.4.1 Estados financieros .....	16
1.4.2 Composición de la estructura financiera.....	18
1.4.3 Decisiones sobre la estructura financiera .....	19
1.4.4 Políticas financieras .....	20
1.4.5 Indicadores financieros .....	21
1.5 Optimización por enjambre de partículas (PSO) .....	24
1.5.1 Algoritmo básico.....	24
1.5.2 Espacio de búsqueda.....	26
1.5.3 Selección de parámetros.....	26
1.5.4 Funcionamiento interno.....	27
1.5.5 Convergencia.....	28
1.5.6 Sesgos.....	28
1.5.7 Variantes.....	28
1.6 Síntesis del estado del arte.....	29
<b>2. Modelo propuesto de optimización</b> .....	<b>31</b>
2.1 Metodología propuesta .....	32
2.2 Caracterización de los estados financieros y diseño de la función de costo... 33	33
2.3 Diseño de la función de costo .....	34
2.3.1 Función de costo.....	35
2.3.2 Restricciones de la función de costo .....	38

2.4	Definición del algoritmo de optimización.....	39
2.5	Ejecución y prueba del algoritmo.....	40
<b>3.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>43</b>
3.1	Experimento y resultados del modelo financiero.....	43
3.1.1	Análisis del caso de estudio 1 .....	48
3.1.2	Análisis caso de estudio 2 .....	51
3.1.3	Análisis caso de estudio 3 .....	55
3.2	Análisis de los resultados .....	58
3.3	Aporte del modelo .....	60
<b>4.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>61</b>
4.1	Conclusiones.....	61
4.2	Recomendaciones.....	62
<b>A.</b>	<b>Anexo: Estados financieros Moda fina.....</b>	<b>65</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Estados financieros Postobón.....</b>	<b>67</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo: Estados financieros Inmunizadora y asociados la planta.....</b>	<b>70</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>75</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1-1. Topología .....	27
Figura 2-1. Método propuesto de optimización .....	31
Figura 2-2. Metodología propuesta.....	32
Figura 2-3. Relación balance contable y balance financiero .....	34
Figura 3-1. Comportamiento del modelo con política de dividendos altos.....	44
Figura 3-2. Comportamiento por variable .....	45
Figura 3-3. Comportamiento del modelo con política de dividendos óptimo .....	45
Figura 3-4. Comportamientos por variables.....	46
Figura 3-5. Comportamiento del modelo con política de dividendos mínimos.....	47
Figura 3-6. Comportamiento por variable dividendos mínimos .....	47

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 3-1. Parámetros caso de estudio 1 .....	48
Tabla 3-2. Análisis de sensibilidad para la política de dividendos .....	49
Tabla 3-3. Resultados con inversión y sin inversión .....	51
Tabla 3-4. Parámetros caso de estudio 2 .....	51
Tabla 3-5. Análisis de sensibilidad para la política de dividendos .....	53
Tabla 3-6. Resultados con inversión y sin inversión .....	54
Tabla 3-7. Parámetros caso de estudio 3 .....	55
Tabla 3-8. Análisis de sensibilidad para la política de dividendos .....	56
Tabla 3-9. Resultados con inversión y sin inversión .....	57

## Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolo	Término
$\omega$	Parámetro de comportamiento
$\varphi$	Parámetro de comportamiento
$\alpha_1$	Valores aleatorios para la influencia en el cálculo de las velocidades para la posición personal
$\alpha_2$	Valores aleatorios para la influencia en el cálculo de las velocidades para la posición global

## Subíndices

Subíndice	Término
$1$	Inicial
$i$	Número de la posición
$n$	Número de reales
$t$	Periodo en estudio
$t-1$	Periodo anterior

## Abreviaturas

Abreviatura	Término
$a$	Mínimo legal
$AFO$	Activos fijos operacionales
$Amrt$	Amortización del periodo $t$
$b$	Espacio de búsqueda

---

**Abreviatura    Término**


---

<i>B</i>	Crédito
<i>CCI</i>	Cuentas por cobrar iniciales
<i>CPI</i>	Cuentas por pagar iniciales
<i>CxC</i>	Cuentas por cobrar clientes
<i>CxP</i>	Cuentas por pagar a proveedores
<i>d</i>	Dimension
<i>dt</i>	Tasa de depreciación
<i>Dep</i>	Depreciación del periodo
<i>Desp</i>	Dividendos esperados
<i>Div</i>	Dividendos
<i>Ebitda</i>	Ganancias antes de intereses, tasas, depreciaciones y amortizaciones
<i>End</i>	Endeudamiento de la empresa
<i>f</i>	Función
<i>FCL</i>	Flujo de caja libre
<i>g</i>	Mejor posición
<i>h</i>	Función inversa
<i>i</i>	Partícula
<i>IAF</i>	Inversión en activos fijos
<i>it</i>	Tasa de interés
<i>Int</i>	Intereses
<i>Inv</i>	Inventarios
<i>INI</i>	Inventario inicial
<i>K</i>	Activos fijos depreciables
<i>KTO</i>	Capital de trabajo operativo
<i>KTNO</i>	Capital de trabajo neto operativo
<i>l</i>	Lugar a la mejor posición
<i>m</i>	Mejores partículas más cercanas
<i>M</i>	Tamaño de la memoria del enjambre
<i>MC</i>	Margen de compras
<i>ME</i>	Margen ebitda
<i>MGO</i>	Margen de gastos operacionales



**Abreviatura Término**

---

<i>n</i>	Periodo inicial
<i>N</i>	Tamaño del explorador del enjambre
<i>OBF</i>	Objetivo básico financiero
<i>p</i>	Mejor posición
<i>PDC</i>	Palanca de crecimiento
<i>PDiv</i>	Porcentaje de dividendos
<i>PKT</i>	Productividad del capital de trabajo
<i>PSO</i>	Optimización por enjambre de partículas
<i>r</i>	Números aleatorios
<i>R</i>	Reales
<i>RCC</i>	Rotación de cuentas por cobrar
<i>RCP</i>	Rotación de cuentas por pagar
<i>RIN</i>	Rotación de inventarios
<i>S</i>	Número de partículas en la nube
<i>SERVD</i>	Servicio a la deuda
<i>T</i>	Tasa impositiva para el impuesto de renta
<i>UAI</i>	Utilidad antes de intereses e impuestos (utilidad operacional)
<i>v</i>	Velocidad
<i>VCC</i>	Variación de las cuentas por cobrar
<i>VCP</i>	Variación de las cuentas por pagar
<i>VIN</i>	Variación de inventarios
<i>VKTNO</i>	Variación del capital de trabajo neto operativo
<i>x</i>	Posición



# Introducción

Las proyecciones financieras parten de una planificación y consisten en un proceso de predicción, donde el administrador financiero o el inversionista, ubicado en el presente y considerando la información financiera histórica, estima sus actuaciones futuras utilizando herramientas de análisis y modelos predictivos, para minimizar el riesgo en el proceso de toma de decisiones. Es fundamental planear con una visión ajustada a las complejas características de los sistemas financieros, teniendo en cuenta siempre la influencia de variables económicas relacionadas con la actividad.

La complejidad de las decisiones conduce a la necesidad de plantear una actuación creativa de un modelo que, aplicando los principios, parámetros y políticas de la empresa en materia de administración financiera, determine las acciones a seguir, tanto operativas como financieras, ajustadas a lo esperado, para soportar la actividad productiva (García Serna, 1999).

Para realizar proyecciones financieras, las empresas abordan diferentes métodos y modelos, ya sean matemáticos, estadísticos o financieros, que pueden llevar a los administradores a soluciones irrelevantes para la toma de decisiones.

Los modelos matemáticos y estadísticos, tales como los métodos de pronósticos, la regresión lineal y la simulación de situaciones, han despertado todo tipo de interés en los procesos financieros, pero analizan una variable en función del tiempo o sus magnitudes en forma independiente (Rojo Ramírez y García Pérez de Lema, 2006; Simon i Boada, 2010). Además, se encuentran modelos dentro de la inteligencia artificial como la computación evolutiva, las redes neuronales, la regresión por vectores de soporte, las técnicas de optimización, entre otros, que pueden servir para determinar un modelo que relacione las variables necesarias para la toma de decisiones con el uso de los computadores (Carranza Bravo, 2010; Muñoz *et al.*, 2008; Sosa Sierra, 2007).

Con estos modelos de inteligencia artificial se nota un desarrollo tecnológico acelerado, lo que genera gran poder de procesamiento de la información y velocidad gracias al uso de los computadores; es difícil concebir una actividad en el campo de la industria que no esté asociada a un equipo de control automático. Los cambios tecnológicos en los sistemas de automatización son tan frecuentes y de tal magnitud, que es necesaria una actualización permanente para estar al día. Además, los cambios económicos globales exigen herramientas eficientes que relacionen todo tipo de variables económicas, ya sean cualitativas o cuantitativas, en la cantidad y calidad necesaria, con el uso de software y hardware requeridos para el desarrollo de sistemas automáticos (Francisco et al., 2012).

A pesar de que la mayoría de los ejecutivos consideran las herramientas estadísticas como las más apropiadas para realizar las proyecciones financieras (aunque estas solo relacionan una variable con respecto al tiempo u otra variable), se puede desarrollar un modelo de optimización avanzado utilizando herramientas tecnológicas que permita proyectar de una manera más ágil y amigable las variables, cumpliendo con las políticas de la empresa, de tal forma que se facilite la toma de decisiones eficientes y con el mínimo riesgo. Sin embargo, debido a la complejidad en la relación y a la cantidad de variables por considerar, es necesario que este modelo de análisis se ejecute con una herramienta computacional (Rojo Ramírez y García Pérez de Lema, 2006; Perron y Yamamoto, 2012).

La automatización para el análisis de la información económica y financiera dará una visión más amplia a los inversionistas o administradores de empresas, por cuanto mecaniza el proceso relacionado con la toma de decisiones conexas con las actividades financieras, lo cual reduce y simplifica el esfuerzo y permite una toma de decisiones más rápida, eficiente y eficaz.

## **Descripción del problema**

Durante la revisión para la construcción del estado del arte se encontró que los directivos e inversionistas utilizan diferentes métodos para realizar las proyecciones financieras y que estos producen incertidumbre por el alto riesgo. Estos problemas están directamente relacionados con los métodos utilizados, la mayoría de ellos estadísticos y algunos de simulación financiera, basados en comportamientos históricos. Cuando estos

comportamientos presentan fluctuaciones muy irregulares, los métodos no son eficientes y eficaces para garantizar confiabilidad en la toma de decisiones (Francisco *et al.*, 2012; Castillo Medina, Pérez García y Orellana Martínez, 2011).

Dentro de la revisión de la literatura realizada, se encontraron técnicas basadas en la inteligencia artificial, para la optimización de funciones no lineales en espacios continuos y discretos, como la inteligencia de enjambre de partículas basados en el comportamiento colectivo en sistemas organizados y descentralizados, capaces de percibir y modificar su ambiente de manera local llevándolo a comportamientos globales, algoritmos tales como: la optimización por enjambre de partículas (PSO), la optimización por colonia de hormigas (ACO), la optimización por enjambre de bacterias (BSFO), la búsqueda por difusión estocástica (SDS) y la colmena de abejas artificiales (ABHA) (Muñoz *et al.*, 2008). Al analizar y examinar cada uno de ellos se encontró que PSO ha sido utilizada en la estimación de parámetros en las finanzas y la econometría, presentando mejores aproximaciones en la obtención de soluciones óptimas que cumplan con las políticas de las empresas (Cogollo, Velásquez y Jaramillo, 2013).

El problema que se abordó en este trabajo es la aplicación de un algoritmo de optimización por enjambre de partículas (PSO) para facilitar la toma de decisiones de los inversionistas y directivos, de tal forma que, ayude a cumplir con las políticas de la empresa, se ajuste a la realidad y garantice un crecimiento con menor riesgo y mayor confiabilidad. De esta forma, la pregunta de investigación que buscó responder este trabajo fue:

¿Puede PSO, como técnica aplicada a modelos no lineales para definir parámetros óptimos, ser útil con modelos financieros que relacionan múltiples variables financieras con políticas empresariales para disminuir el riesgo en la toma de decisiones?

Para encontrar una solución se plantearon los siguientes objetivos:

## Objetivos

### Objetivo general

Diseñar un modelo de optimización inteligente mediante la optimización por enjambre de partículas (PSO), aplicado a la estructura financiera de una empresa, basado en el cumplimiento de las políticas de la empresa, que permita automatizar la toma de decisiones de inversión y financiación.

### Objetivos específicos

- Caracterizar los estados financieros, los indicadores y las políticas de una empresa según su tipo para identificar las posibles variables y definir la función objetivo.
- Definir el algoritmo de optimización por enjambre de partículas PSO que facilite la lectura, análisis y determinación de comportamientos óptimos de los estados financieros y sus indicadores.
- Validar el algoritmo mediante la técnica de Optimización por Enjambre de Partículas (PSO), propuesto mediante análisis de casos utilizando los estados financieros de empresas comerciales y manufactureras base.

# 1. Marco teórico y estado del arte

Este capítulo comienza con el planteamiento de los modelos existentes relacionados con las finanzas empresariales, modelos de regresores estadísticos y modelos de inteligencia artificial aplicados a las finanzas, seguidos de elementos teóricos y conceptuales contenidos en los estados financieros, además de objetivos, metas, políticas financieras y los indicadores o ratios de gestión y financieros con sus definiciones y respectivas formulaciones, dentro de unas descripciones de estructura financiera, para terminar con una exposición de la teoría relacionada con el método de optimización PSO.

## 1.1 Planteamiento de modelos financieros

Correa García, Ramírez Bedoya y Castaño Ríos (2010), en su artículo de revisión bibliográfica sobre “la importancia de la planeación financiera en la elaboración de los planes de negocios”, analizan el creciente estímulo a los programas de emprendimiento en empresas, donde es importante la proyección de los negocios para su continuidad, complementándose a través de la experiencia en la evaluación. Se mostró que los sistemas de información han proliferado en el sector público y de servicios, quedando rezagadas entidades privadas, tanto industriales, comerciales como de servicios, independientemente de su tamaño. Se concluyó que el creciente estímulo a los programas de crecimiento empresarial, de entidades públicas o privadas de cualquier sector de la economía, ha cobrado especial importancia en el ámbito de la gestión empresarial; en este sentido, se nota la necesidad para las empresas de gestionar y realizar la planeación financiera para crecer sostenible en el tiempo, y generando valor.

La gestión financiera y económica se ha venido resolviendo con la implementación de sistemas de planificación de recursos empresariales (*ERP* por sus siglas en inglés, *enterprise resource planning*); desde este precedente, los criterios analíticos se basan en dos pilares básicos: el tiempo y las magnitudes (Simon i Boada, 2010). El posicionamiento de cualquier movimiento abre la posibilidad de introducir criterios

espaciales en el análisis de los costos. Los criterios espaciales son analizados con los sistemas de información geográfico (SIG), siendo imprescindible una integración funcional con el *ERP* para resolver el problema tecnológico inicial mediante la conciliación de los dos modelos de datos y la sincronización de procesos en el análisis económico, su gestión y los resultados de las corporaciones privadas, que tienen incidencia en las decisiones financieras para los planes de negocios (Simon i Boada, 2010). Tradicionalmente, las corporaciones han implantado diferentes sistemas o modelos de proyecciones, como los estadísticos y los matemáticos, y otros más sofisticados. Estos sistemas se especializan en el control de determinados modelos de negocios organizados como costos, contabilidad, etc. (Simon i Boada, 2010). El factor espacial o posicional puede tener un valor meramente descriptivo, pero no estratégico; sin embargo, se considera que más del 80 % de los datos introducidos en un sistema de información guardan relación directa o indirecta con el espacio o lugar que ocupan (Simon i Boada, 2010). Pero aquí para las proyecciones financieras las variables utilizadas están de acuerdo a la posición que se encuentre dentro los estados financieros y son analizadas en función del tiempo y en forma independiente sus magnitudes.

Ahora bien, Granada Rodríguez y Correa Velásquez (2010) plantean que el método más apropiado y utilizado para valorar empresas es basado en el descuento de los flujos de caja futuros, que muestra estrategias de viabilidad financiera, para generar flujos de efectivo futuros. Dicha metodología posibilita la obtención de resultados adecuados utilizando las variables críticas, macroeconómicas o microeconómicas, que puedan afectar el comportamiento financiero; donde las proyecciones se obtienen multiplicando dichas variables por los valores de los comportamientos macro o microeconómicos, y analizando variable por variable en forma independiente. En el modelo se plantean todas las variables necesarias, pero se obtienen las proyecciones multiplicando cada una de estas por los valores macroeconómicos esperados para el próximo año.

Castillo Medina, Pérez García y Orellana Martínez (2011) en su tesis, ilustran un caso de simulación financiera aplicado a un sistema presupuestario, que facilita la toma de decisiones en la planificación y control de activos y pasivos, permitiendo el incremento de los rendimientos financieros esperados hasta en un 80 % y la identificación de las áreas de riesgo para la administración, de tal manera que este se pueda minimizar. Dicha simulación se realiza utilizando elementos teóricos financieros para el análisis en la toma



de decisiones y estimaciones mediante métodos de proyecciones estadísticas. En este trabajo se deduce que el mejor método a aplicar es mediante el software Crystal Ball, el cual permite utilizar la técnica de Montecarlo para calcular múltiples escenarios con probabilidad de ocurrencia y así facilitar la evaluación de la incidencia de factores de riesgo sobre los resultados presupuestados. Sin embargo, este estudio se hace con un análisis de sensibilidad y por “tanteo y error” hasta llegar a la solución esperada por los administradores, es decir, una metodología subjetiva.

Ramírez Díaz y Parra Penagos (2012) en su trabajo “herramientas predictivas en políticas financieras para empresas rentables” muestran el material técnico reciente sobre procedimientos y prácticas de análisis financiero de predicción y su utilización en la gestión, desde la perspectiva estratégica, que permiten medir los resultados obtenidos en un periodo. Se encuentran modelos basados en comparaciones (análisis vertical horizontal e indicadores), métodos de análisis especializados, métodos de análisis proyectados proforma y métodos de análisis financiero multivariable. No solo existen métodos básicos para el análisis financiero, sino que con el uso de la estadística se desarrollan modelos sofisticados que permiten hacer predicciones acertadas en momentos de crisis; además, en el desarrollo de las finanzas se muestran modelos que pueden aportar información relacionada para la toma de decisiones en las organizaciones y que son poco conocidos por los administradores, lo cual muestra que los métodos tradicionales se han aplicado con mayor énfasis, especialmente los relacionados con la comparación de la información que proporcionan los estados financieros básicos. El análisis financiero como herramienta de diagnóstico relaciona cifras de dos periodos consecutivos y arroja resultados que permiten hacer predicciones. El estudio desde la información financiera puede ser incompleto cuando es estático y no incluye variables exógenas, mientras que el análisis con modelos multivariados permite el uso de variables complejas que pueden correlacionarse para, a partir del examen de la información que proporciona, predecir el comportamiento financiero. Por lo tanto, se encuentra que en la toma de decisiones a partir de la gestión no se tienen en cuenta los métodos multivariados, pues la cultura empresarial se orienta a la toma de decisiones por intuición o mediante el uso de modelos básicos.

Betzuen Zalbidegoitia y Barañano Abasolo (2011) en su trabajo “simulación estocástica en la determinación del valor en riesgos de los activos financieros”; muestran que el valor de riesgo es una medida estadística representada por un dato y resume un grupo de

valores que generan pérdidas derivadas de los movimientos del mercado, incluyendo el límite de pérdidas temporal determinado, que está incluido en un porcentaje determinado de las ocasiones (intervalo de confianza del 95 %). Para el cálculo de dicho valor proyectaron los flujos de caja acudiendo a técnicas de simulación, que asignan frecuencias a las variables del modelo que presentan riesgos; esto genera números aleatorios para predecir el comportamiento futuro y mejorar la toma de decisiones. Los administradores o inversionistas pueden ver los valores de cada variable cuando producen ciertos resultados, siendo valioso para profundizar el análisis mediante varios escenarios. Sin embargo, resulta difícil modelar para varias combinaciones de valores de entrada en modelos determinísticos las diferentes situaciones que se pueden presentar en un caso real.

Hernández (2012) en su trabajo manifiesta que la proyección financiera para el cálculo del desempeño global es una herramienta que ayuda a comprender y solucionar problemas complejos de la vida real mediante el uso de indicadores de gestión y razones financieras como medidas para determinar el éxito de una organización. El objetivo de una investigación financiera es desarrollar un modelo de proyección mediante índices de gestión y razones financieras; de esta manera se define que una simulación servirá como mecanismo de planificación y control, permitiendo plasmar la situación económica y financiera, y ayudando a analizar las tendencias indirectamente. En el caso donde se usan indicadores de gestión y razones financieras se analiza comportamientos históricos, que tomados para proyectar no muestran crecimiento, por cuanto el objetivo es presentar los mismos comportamientos en el tiempo.

Terceño, Vigier y Scherger (2014) proponen un aporte al análisis del diagnóstico empresarial en la evaluación y detección de causas basado en “la teoría global de diagnóstico financiero empresarial” propuesto por Vigier y Terceño en 2008 y “la teoría del *balanced scorecard*” de Kaplan y Norton (1992), integrando un marco analítico conceptual que facilita la labor del experto en la identificación y evaluación de causas generadoras de problemas; además, aplican herramientas y metodologías *fuzzy* al diagnóstico empresarial para superar muchas de las limitaciones de los modelos tradicionales. Este modelo es relevante y permite esquematizar las causas a través de una metodología que considera objetivos como subjetivos para definir la salud de la empresa.

Concha Medina y Tello Ureta (2013) en su tesis de grado realizan un análisis a una empresa textil y concluyen que si las empresas no hacen cambios en sus estados financieros, se pueden presentar distorsiones en la lectura e interpretación del informe, dejándolo fuera de contexto. Para conocer con exactitud lo que sucede se deben efectuar análisis mediante indicadores; además, dentro del contexto industrial las necesidades son muy amplias, lo que exige mucho cuidado. Así las cosas, si se van a tomar decisiones financieras, es esencial considerar que los estados financieros son contables y deben ser traducidos a operacionales para un mejor análisis.

Las proyecciones financieras son una necesidad para todo tipo de empresas públicas o privadas, para optimizar la gestión administrativa y generar valor, donde la mayoría de estas utilizan para el análisis de sus variables modelos estadísticos, simuladores y análisis mediante herramientas financieras como los indicadores o razones, pero solo consideran una variable ya sea en función del tiempo, u obteniendo el producto de multiplicarla por valores microeconómicos o macroeconómicos, considerando un dato estadístico como error.

## **1.2 Modelos de regresores estadísticos**

El análisis cuantitativo realizado con variables explicativas relacionadas entre sí, o en función del tiempo, bajo una estructura lineal o no, estudiadas y formuladas en términos estadísticos, son conocidos como modelos de regresores. Este supuesto es apropiado para experimentos donde el investigador tiene el control sobre las variables, fijar el valor de las mismas y observar los resultados para la variable endógena en experimentos repetidos.

Altonji y Matzkin (2005) proponen dos métodos para la estimación con errores no separables y regresores endógenos que están correlacionados con el término error del modelo. El primero estima un promedio de respuesta local condicional de la variable dependiente de un cambio en la variable explicativa mientras condiciona una variable externa y luego se deshace de dicha variable. El segundo, por su parte, estima la función no separable de la distribución conjunta de las variables explicativas observables y no observables. Una variable externa se utiliza para imponer una restricción de igualdad en dos puntos de apoyo en la distribución condicional del término aleatorio, no observable

dado el regresor y la variable externa. Estos métodos se aplican a secciones transversales, pero los ejemplos de peso involucran casos de panel de datos, en los que la elección de una variable externa se guía por el supuesto de que la distribución de las variables no observables es intercambiable por valores de variables endógenas para los miembros de un grupo. En este caso se procesa una variable en función de la otra y se considera una distribución conjunta.

Rojo Ramírez y García Pérez de Lema (2006) publicaron un estudio empírico sobre una revisión de la aplicación de los regresores en la valoración de empresas en España tomando como referencia otros países. Para proyectarla se construyen ecuaciones contables utilizando métodos estadísticos de regresión, tarea subjetiva en el tiempo y de ética profesional, con la que se trata de demostrar lo que pretenden los administradores. Concluyeron que la valoración es un tema bastante importante actualmente, por cuanto para muchos obtenerla y sostenerla en el tiempo constituye una gran preocupación. Se utiliza el método estadístico de regresión en función de una variable independiente, pero en forma subjetiva, variándola hasta encontrar lo que se quiere.

Perron y Yamamoto (2012) proponen un método de regresión manifestando que la regresión no paramétrica, admite una mezcla de regresores discretos y continuos, algunos de los cuales pueden ser en realidad redundantes o irrelevantes, muestra que el modelo de mínimos cuadrados es asintótico y que mediante una validación cruzada para los datos se puede eliminar los regresores irrelevantes. Esto muestra que cuando se utilizan mínimos cuadrados ordinarios con la presencia de regresores endógenos, simplemente se estiman fechas de cambio, siendo este estructural, y el problema de estimación y prueba de roturas múltiples en una sola ecuación con regresores endógenos es correlacionado con los errores. Se realizaron pruebas utilizando el método estadístico de mínimos cuadrados y eliminando regresores irrelevantes (variables), hasta encontrar el valor esperado en el tiempo con un error mínimo.

Liu, Margaritis y Wang (2012) aplicaron el modelo de regresores *Markov-switching* en la rentabilidad del mercado para los inversionistas y en las variables determinantes de renta variable y volatilidad en el tiempo; así mostraron que presentan una relación negativa al encontrar una asimetría en el efecto de la gama de precios y que su rango tiene un efecto fuerte en la alta volatilidad, que, al parecer, solo afecta significativamente las

probabilidades de transición en el mercado de valores en estado de baja volatilidad. Las pruebas las realizaron con un modelo de rendimiento de los activos “la rebote” propuesto por Samuelson en 1991, y su análisis les permitió sugerir que se debe invertir más en activos de riesgo. En el caso analizado el método se cumple, pero para determinar la volatilidad de los precios en el mercado accionario, es muy útil para los inversionistas determinar también los comportamientos de los precios en la Bolsa de valores.

Los regresores estadísticos son muy utilizados en las finanzas para el análisis de las variables endógenas, determinando el error que se produce para determinar su confiabilidad y considerando una variable dependiente que puede ser subjetiva o analizándola en función del tiempo, además, se encuentran modelos que permiten eliminar variables consideradas como no relevante para el análisis.

### **1.3 Modelos de inteligencia artificial**

Con los adelantos tecnológicos se han venido introduciendo modelos mediante la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de las máquinas, especialmente sistemas informáticos conocido como inteligencia artificial o computación, siendo muy útiles para la toma de decisiones en la economía y en las finanzas.

Carranza Bravo (2010) manifiesta que el nacimiento de la inteligencia artificial se sitúa en los años 50; en esa época, cuando la informática apenas se había desarrollado, ya se planteaba la posibilidad de diseñar máquinas inteligentes. Hoy en día esta ciencia asiste a un cambio de paradigma y se habla de vida artificial, algoritmos genéticos, computación molecular o redes neuronales. En algunas de estas ramas los resultados teóricos van muy por encima de las realizaciones prácticas.

Coello y Santana Quintero (2006) dicen que la primera aplicación de la inteligencia artificial en las finanzas fue los algoritmos genéticos en la teoría de juegos (1984) con el problema del prisionero. En 1988, John Holland y Brian Arthur establecieron programas de economía utilizando algoritmos evolutivos para la simulación de mercados artificiales en la Bolsa de Valores; desde esa época se encontró un gran número de publicaciones sobre el tema y la programación genética, especialmente sobre programas de computadora útiles para fijar los precios de los activos. La primera aplicación de los algoritmos evolutivos en econometría y finanzas fue desarrollada por John Koza y que

fue llamada la ecuación de intercambio a la teoría cuántica del dinero; a partir de este momento se inició la generación de investigaciones que involucraban la vitalidad del precio en la Bolsa de valores. Finalmente, muestran que se cumple, pero solamente para el mercado de valores en los precios de las acciones.

Sosa Sierra (2007) afirma que las principales aplicaciones de la inteligencia artificial mediante los algoritmos genéticos en el campo de la gestión financiera empresarial son: la predicción y evaluación de la bancarrota, la predicción de la capacidad financiera para absorber un préstamo (con el fin de decidir el otorgamiento o no de este), y la inferencia de reglas que indiquen las mejores decisiones sobre la asignación de recursos con base en información histórica. Vale la pena señalar que la tendencia futura de las investigaciones sobre predicción financiera mediante la inteligencia artificial está orientada a la creación de sistemas híbridos que integren los sistemas redes neuronales con la lógica difusa y los algoritmos genéticos con la lógica de conjunto; además, actualmente se están experimentando e implementando estos sistemas mixtos. Hay que decir que la inteligencia artificial se usa para el análisis de los créditos solicitados por empresas en crisis, específicamente, en el análisis de la capacidad de pago de estas.

Lazzari, Mouliá y Eriz (2008) presentan relaciones entre elementos financieros de dos conjuntos que forman parte de la vida social y económica de la actividad de las empresas comparando los conceptos de relación binaria nítida (*crisp*) y borrosa (*fuzzy*) con sus diferentes formas de presentación; el objetivo principal es comprender la naturaleza y el contenido de dichas relaciones utilizando la lógica booleana y, a su vez, la idea es generalizar algunas propiedades de las relaciones cuando los conjuntos sean iguales, con el fin de construir una clasificación de las mismas. En particular, se analizan las relaciones de equivalencia y semejanza, y sus extensiones *fuzzy*, así como su aplicación al estudio de relaciones en un espacio financiero. La necesidad de establecer un grado o nivel de vínculo conduce al empleo de conjuntos borrosos para su generalización; avanzar en el estudio de las relaciones *fuzzy* ayuda a buscar nuevos caminos para dar solución a complejas cuestiones de decisión en el ámbito de las realidades sociales, económicas y de gestión, como refiere Gil Aluja en 1999 (citado por Lazzari, Mouliá y Eriz, 2008). Así las cosas, la lógica permite plantear y resolver problemas de decisión referidos a relaciones de distinto tipo en la asignación, agrupación y ordenación de recursos, inversiones, fuentes de financiación, recursos humanos y otros.

Los sistemas expertos son la rama más conocida de la inteligencia artificial en el medio financiero; la forma en que representan el conocimiento mediante símbolos es apropiada cuando es posible extraer un conjunto de reglas y normas (Carranza Bravo, 2010). En la vasta ciencia empresarial existen subdominios fáciles o al menos posibles para extraer una serie de reglas y otros menos factibles, siendo el análisis financiero uno de ellos. No existen reglas con rango de norma; en realidad, conviven recetas extraídas de la práctica empresarial con otras obtenidas mediante análisis empíricos; por lo tanto, es un reto elaborar un sistema experto de diagnóstico empresarial (Carranza Bravo, 2010). En este caso se cumple cuando se trabaja con intervalos y es muy utilizado para la elaboración de diagnósticos financieros.

Serrano Cinca y Gallizo Larraz (2011) expresan que las redes neuronales artificiales son un paradigma computacional que trata de resolver tareas que la computación algorítmica tradicional y la inteligencia artificial convencional, no han resuelto de un modo satisfactorio, tales como el reconocimiento de patrones y los problemas de optimización o clasificación. En las redes neuronales artificiales el conocimiento no se programa de forma directa en la red, sino que se adquiere por medio de una regla de aprendizaje por ajuste de parámetros mediante ejemplos utilizando un método inductivo, que recuerda más a los modelos estadísticos que a los sistemas expertos de la inteligencia artificial. Diversas áreas de la gestión empresarial utilizan frecuentemente el método inductivo, entre ellas, el análisis financiero, justificando el conocimiento que ofrecen las redes neuronales. Quizá una solución pragmática sea utilizar sistemas mixtos que incorporen un módulo de sistema experto con sus reglas junto a otros módulos estadísticos o neuronales. Estos muestran la relación existente entre las diferentes técnicas de optimización sin definir la óptima.

En cuanto a las áreas de trabajo posibles, estas dependen del tipo de decisión, estructurada o no, y del nivel organizativo, según sea operativo, de gestión o estratégico. En general, las redes neuronales pueden cubrir un hueco importante en las decisiones no estructuradas debido a esa capacidad de encontrar relaciones complejas entre los patrones de entrada. Además, no son tan apropiadas en tareas muy estructuradas, por lo que es más recomendable utilizar programas informáticos convencionales o sistemas expertos (Serrano Cinca y Gallizo Larraz, 2011). Sin embargo, solo aplican para la toma de decisiones estructurales; si se presentan fluctuaciones irregulares, puede llevar a errores.

Muñoz, López y Caicedo (2008), en su revisión sobre la solución de problemas con la inteligencia de enjambre, manifiestan que esta corresponde a un grupo de técnicas basadas en el estudio del comportamiento colectivo en sistemas autorganizados y descentralizados. En la inteligencia de enjambre, las partículas están conformadas típicamente por una población de agentes computacionales simples capaces de percibir y modificar su ambiente de manera local y tal capacidad hace posible la comunicación entre los individuos, quienes detectan los cambios en el ambiente generado por el comportamiento de sus semejantes. Aunque no hay una estructura centralizada de control que dictamine cómo deben comportarse los agentes, las interacciones locales entre ellos usualmente llevan a la emergencia de un comportamiento global. Los mismos autores afirman que dentro de la inteligencia de enjambre las técnicas principales son la optimización por enjambre de partículas (*particle swarm optimization, PSO*) y la optimización por colonia de hormigas (*ant colony optimization, ACO*); existen otros algoritmos que pueden ser catalogados dentro de esta rama, como la optimización por enjambre de bacterias (*bacteria swarm foraging optimization, BSFO*), la búsqueda por difusión estocástica (*stochastic diffusion search, SDS*) y el algoritmo de colmena de abejas artificiales (*artificial bee hive algorithm, ABHA*). Al examinar las diferentes características de cada rama de la *evolutionary computation (EC)*, se puede establecer una serie de diferencias entre las técnicas, siendo más notoria la naturaleza centralizada del *evolutionary algorithms (EA)* frente al comportamiento distribuido en *swarm intelligence (SI)*. Otra diferencia se encuentra en la interacción con la función objetivo, donde el *EA* corresponde al nivel de desempeño y la *SI*, por lo general, al ambiente que será explorado. Así las cosas, se muestra cómo funciona cada una de las técnicas inteligentes de optimización para la solución de problemas.

La PSO desarrollada por Kennedy y Eberhart (1995) es un método de optimización para funciones no lineales en espacios continuos y discretos, basado en la simulación de un modelo social simple del desplazamiento de cardúmenes y bandadas. En un sistema PSO, la búsqueda se realiza utilizando una población de partículas que corresponden a los individuos y cada uno de ellos representa una solución candidata del problema. Las partículas cambian su estado a través del espacio de búsqueda, hasta que se encuentra un estado relativamente estable. Un sistema PSO combina un modelo “únicamente social”, el cual sugiere que los individuos ignoran su propia experiencia y ajustan su



conocimiento de acuerdo con las creencias exitosas de los individuos en la vecindad, y un modelo “únicamente cognitivo”, que trata a los individuos como seres aislados. Una partícula cambia de posición utilizando estos dos modelos (Muñoz *et al.*, 2008).

Sánchez, De Llano Monelos y López (2013) proporcionan un diagnóstico comparativo mediante técnicas econométricas aplicando la inteligencia artificial basado en el pronóstico del fracaso financiero, tanto para la teoría como para la práctica financiera, ya que su fallo tiene consecuencias sobre los accionistas y acreedores. Este trabajo analiza la capacidad predictiva de dos modelos de pronóstico del fracaso financiero empresarial, basados en signos externos derivados del proceso de auditoría. El primero es una regresión logística y el segundo es una red de neuronas artificiales entrenada mediante una estrategia *feedforward*, con la que se obtuvo una buena aproximación. Estos modelos indican que el flujo de información contiene evidencias suficientes para anticipar los procesos y enfatizan la capacidad predictiva de ciertos informes con salvedades e incumplimientos formales. Hay que acotar que se cumple, pero solo se consideran las incidencias que se pueden presentar en los beneficiarios de las empresas en el caso de que fallen las decisiones tomadas.

Cogollo, Velásquez y Jaramillo (2013) plantean que la extensión de modelos lineales de promedios móviles al caso no lineal es directa y limitada debido a la complejidad del espacio de parámetros y a la imposibilidad de establecer la función de estimación; además, probaron el uso de un algoritmo híbrido evolución diferencial-optimización del enjambre de partículas para calcular parámetros óptimos del modelo no lineal de promedios móviles aplicado a finanzas y modelos econométricos, mostrando así que la técnica metaheurística utilizada es capaz de calcular con mayor precisión los valores de los parámetros. Así, se determina la bondad que tiene el algoritmo PSO para resolver problemas lineales por la complejidad de sus parámetros.

La inteligencia artificial ha revolucionado la simulación de las variables financieras, encontrando dentro de ella diferentes modelos, llegando al caso de suministrar algoritmos de optimización más acertados para la toma de decisiones con un mínimo de error.

## 1.4 Estructura financiera de la empresa

Para determinar la estructura financiera de una empresa se debe considerar lo siguiente:

### 1.4.1 Estados financieros

Reflejan los efectos financieros de las transacciones económicas y financieras y otros sucesos, agrupados en grandes categorías o elementos de acuerdo con sus características (Fierro Martínez, 2015).

#### Estado de la situación financiera

Antes conocido como balance general, es un informe financiero que refleja la situación económica y financiera de una empresa en un momento determinado; los elementos relacionados directamente con la situación financiera en el balance son los activos, los pasivos y el patrimonio conceptos que se definen a continuación ( Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB), 2009; Fierro Martínez, 2015):

- **Activos.** Es un recurso controlado por la entidad como resultado de sucesos pasados, del que se espera obtener, en el futuro beneficios económicos, siendo su potencial para contribuir directa o indirectamente a los flujos de efectivo y de equivalentes al efectivo de la entidad ( Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB), 2009; Fierro Martínez, 2015).

**Activos corrientes.** Son recursos controlados por el ente económico, en espera de realizarlo, venderlo o consumirlo en el ciclo normal de la operación (doce meses siguientes) siendo su finalidad principalmente la negociación ( Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB), 2009; Fierro Martínez, 2015).

**Activos no corrientes.** Son aquellos bienes que tiene el ente económico bajo su control y riesgo, de los cuales espera que fluyan beneficios económicos futuros, por estar al servicio o uso durante una vida de duración (más de un año) y que no están disponibles para la venta. Los principales activos son: terrenos, edificaciones, maquinaria y equipo, muebles y enseres, vehículos, depreciación acumulada y otros activos (Fierro Martínez, 2015).

- *Pasivos*. El pasivo es una obligación (legal o implícita) presente adquirida por una entidad, surgida de procesos pasados, al vencimiento de la cual se espera que la entidad se desprenda de recursos que incorporan beneficios económicos. Los pasivos se clasifican según el grado de exigencias en corrientes, no corrientes, estimados y contingentes.

**Pasivo corriente.** Conocido como pasivo a corto plazo, Son obligaciones con base en hechos pasados, por conceptos de compras de bienes, servicios o préstamos con entidades financieras para el desarrollo del giro ordinario de la actividad pagadera en un tiempo menor de un año tales como sobregiros, cuentas con proveedores, otras cuentas por pagar, salarios por pagar, impuestos por pagar, depósitos de socios y de terceros, obligaciones financieras (Fierro Martínez, 2015; Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB), 2009).

**Pasivo no corriente.** Conocido como pasivo a mediano o largo plazo, es aquel que se debe pagar en un tiempo superior a un año, tales como obligaciones financieras, depósitos a término fijo, cesantías consolidadas, deudas con socios (Fierro Martínez, 2015).

**Pasivo estimado.** Es el cálculo que se realiza sobre una obligación futura, probable y medible sobre la base de un criterio profesional, una ley, estadísticas o presupuestos legales, como el caso del impuesto de renta, las prestaciones sociales (Fierro Martínez, 2015).

**Pasivo contingente.** Es una obligación posible pero incierta, que no está reconocida porque no cumple las condiciones de probable o fiable (Fierro Martínez, 2015).

- *Patrimonio*. Es el residuo de los activos de la entidad menos los pasivos reconocidos. Se puede subclasificar en el estado de situación financiera, por ejemplo, en una sociedad por acciones, las subclasificaciones pueden incluir fondos aportados por los accionistas, las ganancias acumuladas y ganancias o pérdidas reconocidas directamente (Fierro Martínez, 2015).

## **Estado del resultado integral**

Es llamado también rendimiento o desempeño de una actividad. Es el proceso de organización de unos recursos y de unas actividades para la generación del ingreso, gastos y rentabilidad. Comprendido por cuentas temporales, que son aquellas que utiliza la empresa durante un tiempo máximo de un año (cierre del periodo contable) (Fierro Martínez, 2015).

- *Ingresos*. Son los incrementos en los beneficios económicos, producidos a lo largo del periodo sobre el que se informa, en forma de entrada o aumento del valor de los activos, o bien como decremento de las obligaciones, que dan como resultado crecimiento del patrimonio, distintos a los relacionados con los inversores. Los ingresos surgen en el curso de las actividades ordinarias de una entidad y adoptan una gran variedad de nombres, tales como ventas, comisiones, intereses, dividendos, regalías y alquileres (Fierro Martínez, 2015).
- *Gastos*. Son los decrementos en los beneficios económicos, producidos a lo largo del periodo sobre el que se informa, en forma de salidas o disminuciones del valor de los activos, o bien por la generación o aumento de los pasivos, que dan como resultado reducción en el patrimonio, distintos de los relacionados con las distribuciones realizadas a los inversores (Fierro Martínez, 2015).

### **1.4.2 Composición de la estructura financiera**

La estructura financiera de la empresa es la composición del capital o recursos financieros que ha captado o causado. Estos recursos aparecen en el estado de la situación financiera bajo la denominación genérica de pasivo, el cual recoge, por tanto, las deudas y obligaciones de la empresa, y las clasifica según su procedencia y plazo, y el patrimonio, que es el aporte de los dueños o los recursos propios generados. La estructura financiera constituye el capital de financiamiento o las fuentes financieras, recursos que se invierten en la adquisición de activos (García Serna, 1999).

La composición de la estructura de capital es relevante y se puede obtener mediante la cuantía de los recursos financieros a corto y largo plazo, y la relación entre fondos propios o ajenos a largo plazo. Esta estructura financiera lleva a la empresa a determinar el costo de capital (*weighted average cost of capital, WACC*) (García Serna, 1999).

Por tanto, hay que analizar la estructura financiera de la empresa, concretamente el estudio de las fuentes de financiación disponibles y sus características, estableciendo criterios que permitan la mejor adecuación de los medios financieros globales a las inversiones (tanto actuales como futuras) en los activos corrientes y no corrientes, para así relacionarlas con las políticas de la empresa encaminadas al objetivo básico financiero (OBF), crecer y permanecer en el mercado (Martínez, 2016).

Existen múltiples criterios para clasificar las fuentes financieras; se destaca la utilizada en las normas internacionales de la información financiera, el cual define que la estructura financiera está compuesta por pasivo (obligación implícita) y patrimonio (fondo aportados por accionistas) (Fierro Martínez, 2015).

El pasivo recoge las obligaciones actuales surgidas como consecuencia de sucesos pasados, para cuya extinción espera desprenderse de recursos que puedan producir beneficios o rendimientos económicos en el futuro. Dentro del pasivo se diferencian el pasivo corriente, que incluye obligaciones financieras, acreedores comerciales, provisiones a corto plazo, deudas a corto plazo, deudas con personas jurídicas o naturales a corto plazo y otras cuentas por pagar, y el pasivo no corriente, que abarca las provisiones a largo plazo, deudas a largo plazo, deudas con empresas del grupo y asociadas a largo.

Al patrimonio, por su parte, lo constituye la parte residual de los activos, una vez deducido todo su pasivo. Incluye aportes de socios, así como resultados acumulados u otros que le afecten (García Serna, 1999).

### **1.4.3 Decisiones sobre la estructura financiera**

Cada fuente financiera se relaciona con el costo de capital; por ello se debe tratar de captar los recursos al menor costo posible, para mantener cierto equilibrio dentro de dicha estructura. Para el análisis, se debe calcular el costo de capital mediante el promedio ponderado del costo de los recursos propios y ajenos, y compararlo con la rentabilidad del negocio. Como el costo se ve afectado por la propia estructura de capital, entonces la adecuada gestión es un elemento importante de la dirección económico-financiera (García, 2009).

La composición de la estructura financiera depende, por tanto, del costo de los recursos financieros, del riesgo que se esté dispuesto a asumir, y del destino de esos recursos, para que exista una correspondencia entre la naturaleza del recurso financiero y la inversión que se financia.

El objetivo de la buena gestión en la estructura de capital es buscar la combinación de fuentes financieras que maximice el valor de la empresa o, alternativamente, minimice el costo de capital. No obstante, no hay un modelo único aceptado para determinarla, pero sí diferentes herramientas básicas de dirección de estructura de capital.

La decisión sobre la estructura de capital se enmarca en las decisiones de financiación empresarial, que junto con las decisiones de inversión y de política de dividendos conforman el eje central de la dirección financiera de una empresa (García Echevarría, 1973). Para las decisiones de financiamiento se deben considerar las inversiones en capital de trabajo operativo (KTO) y los activos fijos operacionales (AFO), lo que permite traducir el estado de la situación financiera contable a estado de la situación financiera financiero (Fernández Guadaño, 2009).

#### **1.4.4 Políticas financieras**

Las políticas de empresa se relacionan bajo los aspectos del análisis de la propia empresa, el análisis de los acreedores y el análisis de los accionistas; estas políticas tienen que ver con el cumplimiento del objetivo básico financiero y con la inversión realizada por los actores empresariales.

Una inversión en sentido económico es la colocación de capital para obtener una ganancia futura, suponiendo una elección que sustituye un beneficio inmediato por uno futuro y, en ocasiones, improbable.

Las políticas empresariales tienen que ver con la estructura de capital, el costo de la fuente de financiación, el apalancamiento financiero, el efecto de los impuestos, la liquidez, la rentabilidad y la política de dividendos. A continuación se relaciona cada una de ellas:

- **Estructura de capital.** Es la financiación permanente de la empresa, es la suma entre la deuda a largo plazo y el patrimonio, necesario para financiar activos operacionales a largo plazo.
- **Costo de la fuente de financiación.** Es la tasa de descuento en la que el valor actual de los flujos de fondos netos es igual al valor actual de los flujos de fondos futuros, ya sea para el pago del servicio a la deuda o de dividendos.
- **Apalancamiento financiero.** Es el uso de recursos financieros a cambio de recursos propios para realizar las operaciones y, así, aumentar la rentabilidad.
- **Impuestos.** Es una clase de tributo regido por el Gobierno nacional que se caracteriza por no requerir una contraprestación directa o determinada.
- **Liquidez.** Es la capacidad que tiene la empresa para hacer frente a sus obligaciones de corto plazo.
- **Rentabilidad.** Es la medida de productividad de los fondos o recursos comprometidos en el negocio desde el punto de vista del largo plazo.
- **Endeudamiento.** Es la medida relativa (porcentual) que calcula la proporción de deuda contra el total de recursos con que se cuenta.
- **Dividendo.** Es el derecho económico por excelencia concedido a los socios o accionistas de una sociedad. Representa la parte de los beneficios obtenidos que se destinan a remunerar a los accionistas por sus aportaciones al capital social.

### 1.4.5 Indicadores financieros

Conocidos como índices o razones financieras, es una relación entre cifras extractadas de los estados financieros y demás informes de una empresa con el propósito formarse una idea del comportamiento de algún aspecto específico (García, 2009).

Para realizar un análisis financiero se conocen indicadores de liquidez, de actividad, de rentabilidad, de endeudamiento y generadores de valor (García Serna, 1999). Dentro de estos encontramos indicadores que establecen el grado de eficiencia en el manejo de los recursos por parte del administrador y la recuperación de estos (indicadores de actividad); indicadores que sirven para determinar la participación en las ventas (márgenes de utilidad); y los indicadores que determinan el crecimiento y la sostenibilidad en el mercado (generadores de valor). A continuación se ofrece una definición de cada uno:

- **Rotación de cuentas por cobrar (RCC).** Permite apreciar el número promedio de veces que la cartera se transforma en efectivo en el tiempo; se puede expresar en número de días que tarda la empresa en recuperar sus cuentas por cobrar, es decir, lo originado en las ventas de sus productos (García Serna, 1999) (**Ecuación 1-1**).

$$RCC = \frac{\text{Ventas a crédito}}{\text{Promedio de cuentas por cobrar}} \quad (1-1)$$

- **Rotación de inventarios (RIN).** Representa el número de veces que el inventario se renueva en un periodo determinado, convirtiéndose así en recursos monetarios. Los inventarios totales están conformados por la sumatoria de los inventarios de materias primas, productos en proceso, productos terminados y otros (García Serna, 1999) (**Ecuación 1-2**).

$$RIN = \frac{\text{Costo de la mercancía vendida}}{\text{Promedio de inventario de mercancías}} \quad (1-2)$$

- **Rotación de cuentas por pagar proveedores (RCP).** Permite representar el número promedio de veces que las obligaciones con los proveedores de bienes y servicios se transforman en erogaciones o pago de estas (**Ecuación 1-3**).

$$RCP = \frac{\text{Compras a crédito}}{\text{Promedio de cuentas por pagar}} \quad (1-3)$$

- **Margen de costo de ventas (MC).** Es el porcentaje de costos necesarios para la obtención de las ventas. Este margen puede ser tomado como política de empresa o como objetivo, y se da en el presupuesto o plan financiero (**Ecuación 1-4**).

$$MC = \frac{\text{Costos de ventas}}{\text{Ventas}} \quad (1-4)$$

- **Margen de gastos operacionales (MGO).** Representa el porcentaje de los gastos operacionales con respecto a las ventas. Estos gastos son tomados antes de depreciaciones y amortizaciones (**Ecuación 1-5**).

$$MGO = \frac{\text{Gastos operacionales}}{\text{Ventas}} \quad (1-5)$$



- **Margen ebitda (ME).** Corresponde a los pesos que por cada peso de ventas se convierten en caja, con el propósito de atender los compromisos del pago de impuestos, servicio a la deuda, reposición de activos fijos y reparto de utilidades (García Serna, 1999) (**Ecuación 1-6**).

$$ME = \frac{Ebitda}{Ventas} \quad (1-6)$$

- **Capital de trabajo neto operativo (KTNO).** Está representado por el neto entre las cuentas por cobrar más los inventarios, menos las cuentas por pagar a proveedores de bienes y servicios. Como concepto sirve para determinar la porción del flujo de caja que se apropia con el fin de reponer el capital de trabajo (García Serna, 1999; Cardona Gomez, 2016) (**Ecuación 1-7**).

$$KTNO = CxC + Inv - CxP \quad (1-7)$$

- **Productividad del capital de trabajo (PKT).** Se refiere al aprovechamiento de la inversión realizada en capital de trabajo neto operativo en relación con las ventas alcanzadas. Refleja la eficacia de la administración en el uso de los recursos corrientes (García Serna, 1999; Fernández Guadaño, 2009; Cardona Gomez, 2016) (**Ecuación 1-8**).

$$PKT = \frac{KTNO}{Ventas} \quad (1-8)$$

- **Palanca de crecimiento (PDC).** Se refiere al análisis combinado de margen Ebitda (ME) y productividad del capital de trabajo (PKT). Esta razón permite determinar qué tan atractivo resulta para la empresa su crecimiento desde el punto de vista del valor agregado. Su cálculo está basado en otros inductores; cuando PDC es mayor que 1, es favorable y el crecimiento genera valor, mientras que si es menor a uno hay un desbalance en el flujo de caja, lo cual impide que se cumpla con los compromisos de pago de impuestos, servicio a la deuda, reposición de activos fijos y reparto de utilidades (García Serna, 1999; Cardona Gomez, 2016) (**Ecuación 1-9**).

$$PDC = \frac{ME}{PKT} = \frac{Ebitda}{KTNO} \quad (1-9)$$

## 1.5 Optimización por enjambre de partículas (PSO)

La optimización por enjambre de partículas o también optimización por nube de partículas, también conocida por sus siglas en inglés PSO (*particle swarm optimization*), hace referencia a una serie de métodos y algoritmos de optimización heurísticos que siguen el comportamiento de los enjambres como en el caso de la colonia de abejas en la naturaleza (Muñoz, López y Caicedo, 2008).

La metaheurística PSO funciona basada en el comportamiento de individuos como peces, aves y abejas, que se mueven dentro de un espacio de búsqueda (intervalo determinado) explorando en grupo una solución óptima, y cuyos agentes son llamados partículas. En este cada individuo, conocido como partícula, recorre una ubicación dentro de un espacio de búsqueda en forma aleatoria y en cada posición evoluciona iteración por iteración, modificando su dirección en función de las demás partículas del vecindario hasta obtener la o las soluciones óptimas. Para ello, PSO almacena la experiencia propia o historia de cada partícula en función de la búsqueda de una mejor posición y de la mejor que se ha encontrado cualquier otra partícula del enjambre. PSO es una metaheurística que asume pocas o ninguna hipótesis sobre el problema y puede aplicarse en grandes espacios de soluciones. Sin embargo, como con toda metaheurística, hay que tener cuidado, ya que no garantiza la obtención de una solución óptima en todos los casos (Poli, 2008).

### 1.5.1 Algoritmo básico

Un algoritmo PSO trabaja con una población de soluciones candidatas (partículas). Dichas partículas se mueven a lo largo del espacio de búsqueda de acuerdo con ciertas reglas matemáticas. El movimiento de cada una depende de su mejor posición, así como de la mejor posición global hallada en el espacio de búsqueda. A medida que se encuentran mejores posiciones, estas pasan a orientar las demás partículas. El proceso se repite con el objetivo de hallar una solución lo suficientemente satisfactoria (Clerc, 2006).

Para dicho proceso se define  $f: R^n \rightarrow R$  como la función de costo que se va a minimizar. Donde " $f$ " toma una solución, representada como un vector de números reales, dando un

número real que indica el valor de la función objetivo para la solución óptima. Las mejores posiciones se corresponden con los mejores valores de la función objetivo. El proceso consiste en hallar una solución "a", la cual garantice que  $f(a) \leq f(b)$  para toda solución "b" en el espacio de búsqueda, lo que afirma que "a" es el mínimo global. Si se requiere un valor máximo, se ha de realizar el proceso inverso, o sea,  $h = -f$  (Clerc, 2006).

El algoritmo PSO básico se describe para cada partícula "i" dentro del espacio de búsqueda "s"; tenemos que  $i = 1, 2, \dots, S$ .

- La posición de la partícula se inicia mediante un vector aleatorio uniformemente distribuido  $x_i \sim U(b_{lo}, b_{up})$ , donde  $b_{lo}$  y  $b_{up}$  son, respectivamente, el límite inferior y el límite superior del espacio de búsqueda.
- La partícula comienza en su mejor posición  $p_i \leftarrow x_i$ .
- Si  $f(a) \leq f(b)$ , actualizar la mejor posición global conocida  $g_i \leftarrow p_i$ .
- La velocidad de la partícula comienza en  $x_i \sim U(b_{lo} - b_{up}, b_{lo} - b_{up})$ .

Mientras no se cumpla el criterio de parada (límite máximo de iteraciones), se debe repetir:

- para cada partícula  $i = 1, 2, \dots, S$ ;
- para cada dimensión  $d = 1, 2, \dots, n$ .

Elegir números aleatorios  $r_p, r_g \sim U(0,1)$ .

Actualizar la velocidad de la partícula.

$$v_i \leftarrow \omega v_{i,d} + \varphi_p r_p (p_{i,d} - x_{i,d}) + \varphi_g r_g (g_{i,d} - x_{i,d})$$

- Actualizar la posición de la partícula  $x_i \leftarrow x_i + v_i$ .
- Si  $f(x_i) < f(p_i)$ , entonces:

Actualizar la mejor posición conocida de la partícula  $p_i \leftarrow x_i$ . Y si  $f(p_i) < f(g)$ ; actualizar la mejor posición global  $g \leftarrow p_i$ .

Devolver "g" como la mejor solución encontrada.

Los parámetros  $\omega, \varphi_p$  y  $\varphi_g$  deben ser definidos para regular el comportamiento y la eficacia del método PSO.

### 1.5.2 Espacio de búsqueda

Cuando se resuelve un problema, se busca la mejor solución entre un conjunto de posibilidades. Cada punto en el espacio de búsqueda representa una posible solución. Cada posible solución se puede asociar con un valor que indique qué tan buena es. El algoritmo PSO encuentra la mejor solución entre todas las posibles que se tengan en un momento dado. El problema se reduce a buscar una solución o un valor extremo (mínimo o máximo) en el espacio de búsqueda. A veces el espacio de búsqueda puede ser bien definido, pero en la mayoría de las ocasiones solo se conocen algunos puntos en este.

### 1.5.3 Selección de parámetros

La función objetivo da lugar a una hipersuperficie de dimensionalidad equivalente al número de parámetros por optimizar; la irregularidad de dicha hipersuperficie dependerá de cada problema, mientras la calidad de la búsqueda dependerá de la precisión en función de la cantidad de parámetros escogidos. Para obtener soluciones con una hipersuperficie “regular” en general se necesitan pocas partículas e iteraciones; en cambio, para conseguir soluciones de hipersuperficie “irregular” se requiere una búsqueda más a fondo, que involucre mayor cantidad de partículas e iteraciones. En PSO, los parámetros pueden ajustarse para diversos escenarios de optimización y un concepto conocido como meta de optimización (Hvass Pedersen, 2010)

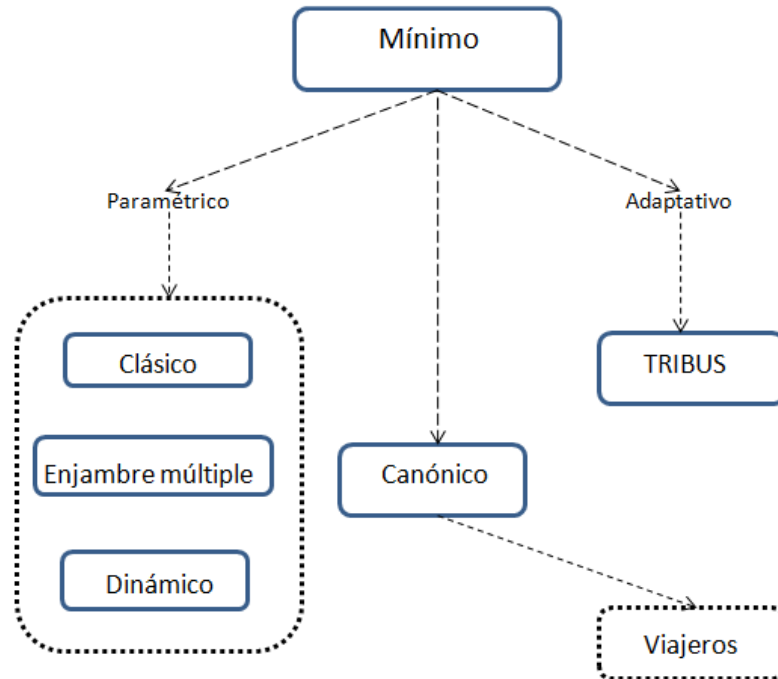
#### **Topologías.**

El algoritmo de optimización por enjambre de partículas suele incurrir fácilmente en óptimos locales; la convergencia prematura puede evitarse ignorando la mejor posición global y atendiendo en su lugar a la mejor posición de la partícula en movimiento. Este enjambre puede definirse geométricamente por las partículas más cercanas, es decir, como un conjunto de partículas relacionadas, con independencia de la distancia que las separa (Miranda, Keko y Duque, 2008).

Si suponemos que existe un vínculo de información entre cada partícula y sus adyacentes, el conjunto de estos vínculos constituye un grafo, una red de comunicación, denominada topología. Una topología social muy frecuente es el anillo, en el que cada partícula tiene solo dos partículas adyacentes, pero hay muchas otras. La topología no es

necesariamente fija, puede ser adaptativa según el caso (SPSO, estrella estocástica, TRIBES, *cyber swarm*, C-PSO) (Miranda *et al.*, 2008) (**Figura 1-1**).

**Figura 1-1:** Topología (Clerc, 2006)



### 1.5.4 Funcionamiento interno

Hay diversas interpretaciones en cuanto a cómo y por qué un algoritmo PSO es capaz de optimizar variables. Un criterio es que el enjambre presenta dos comportamientos: en el primero varía entre un espacio de búsqueda en una amplia región de soluciones y en el segundo hay una búsqueda local que se aproxima rápidamente a un óptimo, a lo mejor local. Este criterio predomina desde los inicios de PSO y sostiene que el algoritmo y sus parámetros deben ser correctamente seleccionados para lograr un buen equilibrio entre los dos comportamientos, a fin de evitar una convergencia prematura hacia óptimos locales, asegurando así una buena tasa de convergencia al óptimo global (Shi y Eberhart, 1998). Además, se argumenta que no se ha logrado comprender cómo afecta el comportamiento del enjambre la calidad del proceso de optimización, especialmente en problemas de optimización con espacios de búsquedas multidimensionales, discontinuas o variantes en el tiempo. Lo que nos lleva solamente a encontrar algoritmos

y parámetros que den un buen rendimiento, independientemente del balance que adopte el enjambre (Kennedy, 1997).

### 1.5.5 Convergencia

En el contexto de PSO, el término convergencia suele emplearse con dos significados: puede referirse a la mejor posición global " $g$ " conocida, que se aproxima al óptimo del problema, independientemente de cómo se comporte el enjambre. O puede referirse a una concentración del enjambre, donde todas las partículas concurren hacia un punto del espacio de búsqueda, que puede o no ser el óptimo (Van Den Bergh, 2001).

### 1.5.6 Sesgos

A medida que el algoritmo PSO avanza, dimensión por dimensión, el punto solución es más fácil de encontrar si se halla en un eje del espacio de búsqueda, en una diagonal o, aún más fácil, si está justo en el centro (Wilke, Kok y Groenwold, 2007).

Una primera forma de evitar este sesgo, permitiendo comparaciones más ponderadas, es, por ejemplo, tomar como referencia problemas no sesgados y luego rotarlos o desplazarlos. Otra opción es modificar el propio algoritmo para hacerlo menos sensible al sistema de coordenadas.

### 1.5.7 Variantes

PSO puede dar lugar a numerosas variantes; por ejemplo, hay diferentes formas de inicializar las partículas y sus velocidades, de regular la velocidad, de actualizar " $p$ " y " $g$ " una vez que todo el enjambre ha sido actualizado, etc.

Pueden distinguirse ciertas tendencias; una es lograr un método de optimización híbrido que se combine con otros optimizadores, por ejemplo, incorporando un método eficaz de aprendizaje. Otro trata de contrarrestar la convergencia prematura (el estancamiento de la búsqueda en un óptimo local), por ejemplo, invirtiendo o perturbando el movimiento de las partículas. Otro de los enfoques propone lidiar con la convergencia prematura mediante el uso de múltiples enjambres (optimización multienjambre); esta estrategia

también es aplicable a la optimización multiobjetivo. Asimismo, se han producido avances en la adaptación de los parámetros de comportamiento durante la optimización (Zhi-Hui Zhan, Jun Zhang, Yun Li y Chung, 2009).

## 1.6 Síntesis del estado del arte

En la revisión se encontró que las empresas de cualquier tipo deben tener bien definidas sus políticas, y en especial las financieras, las cuales buscan alcanzar el objetivo de crecer y permanecer en el mercado sin dejar de lado su máximo beneficio. Sin embargo, así estas políticas estén bien definidas, se encuentran falencias para proyectar el futuro de las compañías debido a que las empresas, para aplicarlas en la planeación, no cuentan con herramientas que automaticen estas proyecciones, lo que permitiría minimizar el riesgo y garantizar el objetivo del lucro.

Se encontraron diferentes técnicas de simulación para las proyecciones financieras entre matemáticas, estadísticas y de inteligencia artificial, siendo las estadísticas las más utilizadas, aunque sin poder analizar los estados financieros en conjunto desde el punto de vista de la predicción financiera, predicción del fracaso, análisis de oportunidades de inversión, análisis de riesgo de crédito, análisis de riesgo país, etc., que a pesar de tener bastante tecnicismo, no son suficientes para garantizar la minimización del riesgo y, con esto, el aumento de los beneficios para así generar valor.

Este trabajo abordó el desarrollo de un modelo pretendiendo entregar un algoritmo de PSO como técnica metaheurística para automatizar y calcular parámetros óptimos de un modelo no lineal de promedios móviles, permitiendo así relacionar variables financieras con políticas empresariales como parámetros para optimizar y predecir la información para la toma de decisiones. Dicho modelo llevó a determinar de manera automática las estrategias de inversión (cuentas por cobrar, inventarios y propiedad, planta y equipo), financiación (endeudamiento y capital propio) y dividendos; es importante destacar que al evaluarlas no se pone en riesgo el futuro, el crecimiento y la permanencia en el mercado de las organizaciones; además de que se pueden controlar y ajustar a los comportamientos y a las posibles variaciones futuras para tomar los correctivos en el momento oportuno.

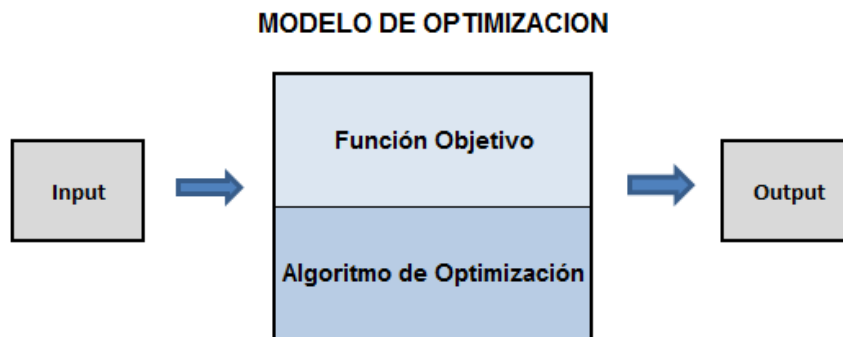




## 2. Modelo propuesto de optimización

Para la elaboración del método propuesto en este trabajo se siguió el proceso como un sistema, en el cual se encuentra una entrada, un procesamiento y una salida (**Figura 2-1**).

**Figura 2-1:** Método propuesto de optimización



El método contempla, en el primer recuadro (*input*), la entrada de la información que tiene relación con la caracterización de los estados financieros; se estudiaron dichos estados y se obtuvieron los parámetros (indicadores y valores iniciales) necesarios para alimentar la función objetivo. En el segundo recuadro (*processing*) encontramos la función objetivo, elaborada para la prueba y el algoritmo de optimización donde se procesó la información ingresada utilizando el *software Matlab*. Y en el tercer recuadro (*output*) se encuentra la salida de la información, la cual es procesada y comparada con los valores iniciales de tal manera que se pueda validar el sistema.

Por la magnitud del espacio de parámetros que se mueven dentro de un intervalo de búsqueda se seleccionó la técnica de optimización por enjambre de partículas que según Cogollo, Velásquez y Jaramillo (2013), es una técnica metaheurística de modelos lineales de promedios móviles o al caso no lineal directo y limitado a la complejidad del espacio de parámetros con mayor precisión en el caso de las finanzas, ofreciendo resultados

para cada parámetro, mientras que la simulación mediante otras técnicas, las variables son sometidas al análisis en función de valores subjetivos o con respecto al tiempo.

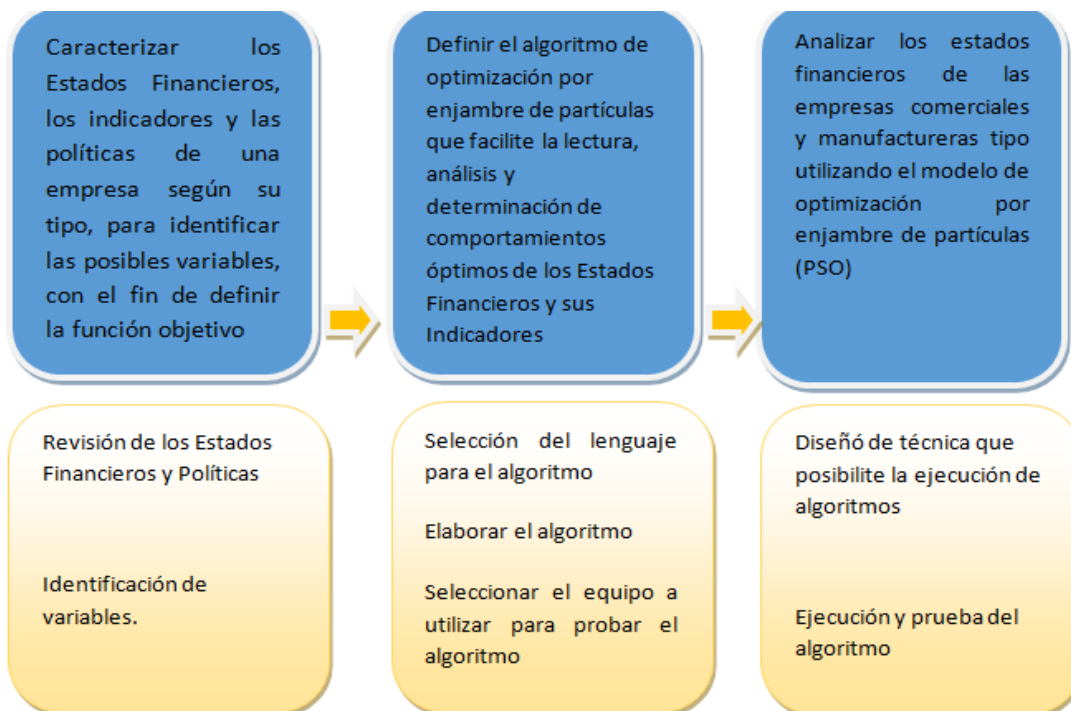
El modelo compuesto contempla el cumplimiento de los tres objetivos específicos ilustrados en la metodología propuesta.

## 2.1 Metodología propuesta

En este trabajo se planteó una metodología que parte de una técnica basada en la optimización por enjambre de partículas, para dotar a los inversionistas y a los empresarios y financieros de una herramienta de análisis periódico de la situación de sus inversiones o empresas, de tal forma que puedan prevenir contingencias y, así, tomar decisiones financieras oportunamente.

Los bloques de izquierda a derecha representan la secuencia que se siguió para desarrollar los objetivos; además, establecen la manera como se llevó a término el presente trabajo de investigación (**Figura 2.2**).

**Figura 2-2:** Metodología propuesta

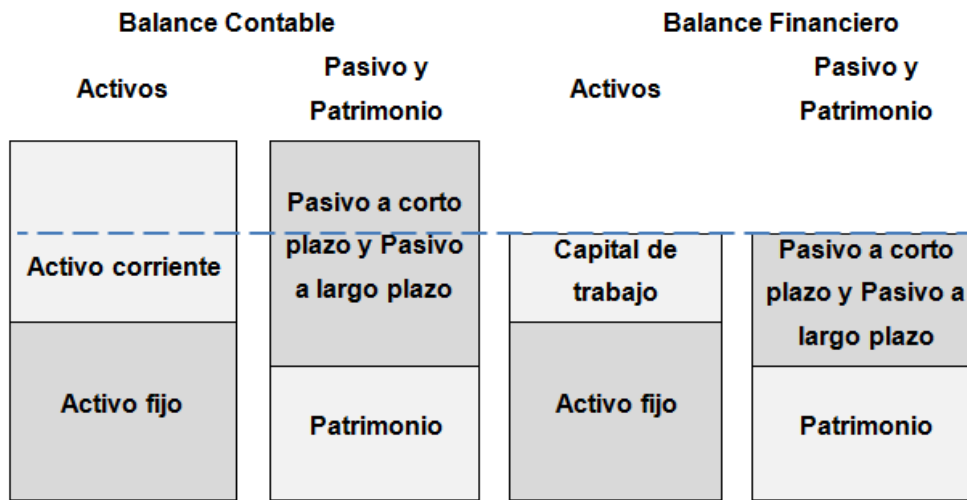


En el primer paso de la metodología se realizó la caracterización de los estados financieros; para obtener los parámetros o variables necesarias para el estudio se analizó al menos dos años. Además, se analizaron las políticas financieras. Luego se hizo la construcción de la función objetivo multivariable, relacionada en varias ecuaciones, y la selección del algoritmo PSO. Se ejecutó el algoritmo con los valores obtenidos realizando la proyección y se obtuvieron valores mínimos del ebitda, política de dividendos, créditos y, por diferencia, los recursos propios, valores probados con la generación del flujo de caja para determinar el cumplimiento de las condiciones exigidas, en especial, el crecimiento, el servicio a la deuda y los dividendos esperados.

A continuación se ilustra en detalle cada uno de los objetivos específicos considerados en la metodología propuesta:

## **2.2 Caracterización de los estados financieros y diseño de la función de costo**

El estado de la situación financiera contable contempla activos corrientes no operacionales como el disponible, inversiones temporales y cuentas por cobrar diferentes a clientes. En ocasiones, también incluye activos fijos no requeridos para la actividad empresarial, considerados como no generadores de valor, por lo tanto, no se deben tener en cuenta en los activos del balance financiero, lo que conduce a decir que los únicos activos que se deben considerar son los operacionales, y para relacionarlos con la estructura financiera, es necesario descontar en iguales proporciones los pasivos corrientes y a largo plazo para cumplir con la ecuación contable, tal y como se muestra en la **Figura 2-3**.

**Figura 2-3:** Relación balance contable y balance financiero

Fuente: Autor

Se caracterizaron los estados financieros de las empresas Moda fina (caso teórico tomado de García Serna, 1999), Postobón S.A. (tomado del informe financiero 2016 de internet) e Inmunizados y Asociados La Planta S.A.S. (informe financiero suministrado por la empresa); de estos se obtuvieron los valores iniciales de las cuentas contables, además de los indicadores financieros necesarios para cada caso en estudio (calculados con los dos últimos periodos) y se definieron las políticas de la empresa, encaminadas a la generación de valor (**Tablas 3-1, 3-4 y 3-7**).

## 2.3 Diseño de la función de costo

Para realizar las proyecciones financieras de la estructura de capital considerando las decisiones de inversión, operación, financiación y dividendos, se construyó una fórmula partiendo del ebitda del estado de resultados, y continuando con el flujo de caja libre (FCL) hasta llegar al pago del servicio a la deuda (relacionando los parámetros considerados en la caracterización), que fue igualada al pago de los dividendos. En la ecuación de costo se consideran los dos estados financieros (estado de resultado integral y el flujo de caja libre) para buscar mejores resultados y cumplir con lo esperado por los beneficiarios.

### 2.3.1 Función de costo

A continuación se muestra el procedimiento para obtener la función objetivo considerando indicadores, objetivos y políticas como funciones, y definiendo cada una de ellas con sus respectivas ecuaciones, considerados en dicha ecuación del costo.

*Flujo de caja libre (FCL).* “Es el flujo que queda disponible para atender los compromisos con los beneficiados de la empresa, acreedores y socios. A los acreedores se les atiende con el servicio a la deuda (capital más intereses) y a los propietarios la suma restante, con la que toman decisiones, una de las cuales es la determinación de la cantidad a repartir como dividendos” (García Serna, 1999).

Para calcular el FCL se partió del ebitda (tomado del estado de resultados), utilizando como política que la depreciación del período se reinvierte en activos fijos como reposición, siendo calculada como se muestra en la (**Ecuación 2-1**).

$$FCL_t = [Ebitda_t - Dep_t - Int_t](1 - T) + Int_t - VKTNO_t \quad (2.1)$$

Donde:

*Ebitda.* Según sus siglas en inglés (*earnings before interest, taxes, depreciation, and amortization*), representa las ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización o, lo que es lo mismo, el beneficio bruto de explotación calculado antes de deducir los gastos financieros (García, 2009).

El ebitda para un periodo “*t*”, muestra lo que realmente se convierte en efectivo, y es el valor que verdaderamente alcanza para cumplir con los compromisos de pago de intereses, impuestos, servicio a la deuda, dividendos, y el crecimiento de la empresa (García, 2009).

El ebitda se extrae del estado de resultado integral, si no está especificada, se obtiene tomando la utilidad operacional (*UAI*) sumándole la depreciación y la amortización del periodo si las hubiere, como se muestra en la (**Ecuación 2-2**).

$$Ebitda_t = UAI_t + Dep_t + Amrt_t \quad (2-2)$$

Depreciación (*Dep*). Es la reducción sistemática o pérdida de valor de un activo por su uso o caída en desuso, o por su obsolescencia ocasionada por los avances tecnológicos (Hernández, 2012), para su cálculo de utiliza la **(Ecuación 2-3)**.

$$Dep_t = dt_{t-1} * K_{t-1} + dt_t * IAF_t \quad (2-3)$$

Intereses financieros (*Int*). Suma pagada por el uso del dinero prestado o beneficio obtenido de una inversión (Granada Rodríguez y Correa Velásquez, 2010), calculada según **(Ecuación 2-4)**.

$$Int_t = it_{t-1} * B_{t-1} + it_t * B_t \quad (2-4)$$

Variación del capital de trabajo neto operativo (*VKTNO*). Es la variación de las cuentas por cobrar a clientes más la variación de los inventarios menos la variación de las cuentas por pagar a proveedores, como se muestra en la **(Ecuación 2-5)**.

$$VKTNO_t = VCC_t + VIN_t - VCP_t \quad (2-5)$$

Donde:

Para el cálculo de las variaciones de cuentas por cobrar, inventarios y cuentas por pagar proveedores, como cada variación está en función de las ventas, esta se expresa en función del margen ebitda, como se muestra a continuación:

*Ventas*. Se entiende por ingresos por ventas realizadas la facturación total de la empresa. Comprenden los valores facturados por la venta de bienes o servicios que son objeto de la actividad de la empresa, su representación sería como se muestra en la **(Ecuación 2-6)**.

$$Ventas = \frac{Ebitda}{1 - MC - MGO} \quad (2-6)$$

Variación de las cuentas por cobrar (*VCC*). Es la diferencia entre las cuentas por cobrar del periodo actual con respecto al anterior. Esta variación se toma en función de la rotación de cuentas por cobrar (*RCC*) y las cuentas por cobrar iniciales (*CCI*), que aparece en el estado de la situación financiera inicial, como aparece en la **(Ecuación 2-7)**.

$$VCC = \frac{2 * ebitda}{RCC * (1 - MC - MGO)} - 2CCI \quad (2-7)$$

Variación de inventarios totales (*VIN*). Es la diferencia entre los inventarios del periodo actual con respecto al anterior. Esta variación es considerada en función de la rotación de inventarios (*RIN*) y el inventario total inicial (*INI*), que aparece en el estado de la situación financiera inicial, según (**Ecuación 2-8**).

$$VIN = \frac{2 * MC * ebitda}{RIN * (1 - MC - MGO)} - 2INI \quad (2-8)$$

Variación cuentas por pagar a proveedores (*VCP*). Es la diferencia entre las cuentas por pagar a proveedores del periodo actual con respecto al anterior. Esta variación se toma en función de la rotación de las cuentas por pagar a proveedores (*RCP*) y las cuentas por pagar iniciales (*CPI*), que aparecen en el estado de la situación financiera inicial, como se ve en la (**Ecuación 2-9**).

$$VCP = \frac{2MCO * ebitda}{RCP * (1 - MC - MGO)} - 2CPI \quad (2.9)$$

En resumen las ecuaciones (2.7), (2.8) y (2.9) conforman la ecuación (2.5) denominada *VKTNO*, que relacionada con las ecuaciones (2.2), (2.3) y (2.4) son iguales al flujo de caja libre ecuación (2.1).

Como se dijo, el *FCL* sirve para atender los compromisos con los beneficiados de la empresa (el pago del servicio a la deuda y el pago de dividendos), entonces se puede expresar también como la (**Ecuación 2-10**).

$$FCL_t = SERVD_t + Div_t \quad (2.10)$$

Donde:

Servicio a la deuda (*SERVD*). Comprende el pago de las cuotas de las obligaciones financieras contraídas en periodos anteriores más el crédito sugerido por el sistema; según los sistemas de amortización de una deuda, las cuotas tienen un contenido de intereses (*Int*) y abonos al capital (*Abcc*) (García Monsalve, 2013) (**Ecuación 2-11**).

$$SERVD_t = B_{t-1} \left[ \frac{i_{t-1}(1+i_{t-1})^n}{(1+i_{t-1})^n - 1} \right] + B_t \left[ \frac{i_t(1+i_t)^m}{(1+i_t)^m - 1} \right] \quad (2-11)$$

Como los intereses se encuentran dentro del cálculo del flujo de caja libre ecuación (2.1), estos son descontados de la ecuación del servicio a la deuda (*SERVD*), dejando únicamente el valor que será abonado o amortizado al capital (*Abcc*). Esta ecuación fue diseñada y probada por el autor para ser aplicada a la ecuación del costo, que queda en función del abono al capital del crédito (*Abcc*) periodo actual (*n*) más el del nuevo crédito, si lo hay (*m*) y no en función del servicio a la deuda (**Ecuación 2-12**).

$$Abcc_t = \left[ \frac{i_{t-1}B_{t-1}}{(1+i_{t-1})^n - 1} \right] + \left[ \frac{i_t B_t}{(1+i_t)^m - 1} \right] \quad (2-12)$$

Igualando las ecuaciones del flujo de caja libre (2.1) y (2.10) y despejando los dividendos (*Div*), la función de costo diseñada para este modelo se ve en la (**Ecuación 2.13**).

$$Div_t = [Ebitda_t - Dep_t - Int_t](1 - T) - VKTNO_t - Abcc_t \quad (2-13)$$

Para este caso, la función de costo se encuentra sujeta a ecuaciones (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), y (2.12), consideradas funciones de subcostos, que tienen un grado de injerencia en la evaluación de cada una de las partículas. Este grado de importancia depende de los valores dados como parámetros o políticas.

### 2.3.2 Restricciones de la función de costo

Para el cumplimiento del mínimo de dividendos se aplican las siguientes restricciones a la función objetivo:

**Riesgo financiero.** Relación (proporción o porcentaje) existente entre los intereses generados o causados y la utilidad ebitda; este riesgo debe ser moderado (menor o igual al 33 %) y es medido con la capacidad de cubrimiento de intereses con el ebitda (García Serna, 1999) (**Ecuación 2-14**).

$$Riego = Intereses/Ebitda \leq 33 \% \quad (2-14)$$



**Endeudamiento (*End*)**. Debe ser menor o igual a la política de endeudamiento o al endeudamiento máximo del sector económico, medido con el indicador de endeudamiento (**Ecuación 2-15**).

$$End = Credito/Activos \quad (2-15)$$

**Dividendos esperados (*Desp*)**. Los dividendos esperados se toman según la política proporción fija del beneficio anual (*PDiv*), que se obtiene multiplicando esta por la utilidad del período; dicho dividendo debe ser, a lo sumo, igual a los dividendos suministrados por la ecuación de costo (**Ecuación 2-16**).

$$Desp_t = PDiv * [Ebitda_t - Dep_t - Int_t](1 - T) \quad (2-16)$$

## 2.4 Definición del algoritmo de optimización

En esta sección se espera ver como las variables del algoritmo  $x, v, p$  y  $g$  se relacionan con las variables de la función de costo definidas en la sección anterior.

La trayectoria de las partículas dentro del espacio o intervalo " $n$ " dimensional se definió con base en el enjambre " $i$ " vector de ubicación actual  $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}]$  y velocidades  $v_i = [v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}, \dots, v_{in}]$ , sumados para obtener la nueva posición  $p_i = [p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{in}]$ , denominada "mejor posición personal". Justamente estos cambios de trayectoria determinan la característica principal del algoritmo PSO debido a que a través de estos las partículas son forzadas a buscar soluciones en las áreas más promisorias del espacio de búsqueda, donde la mejor posición está, a su vez, entre las mejores posiciones personales del enjambre  $g = [g_1, g_2, g_3, \dots, g_n]$ , denominado "mejor posición global". Cabe destacar que si los valores no se modificaran, la partícula solo se movería con pasos uniformes en una única dirección dentro del espacio de búsqueda (González Pérez y García Gómez, 2017; Torres y Barán, 2015).

En cada iteración " $t$ " del algoritmo, la componente " $j$ " de la posición y la velocidad de cada partícula " $i$ " se actualiza de acuerdo con las ecuaciones (**Ecuaciones 2-17 y 2-18**).

$$v_{ij}^{t+1} = w * v_{ij}^t + C_1 * \alpha_1 * (p_{ij}^t - x_{ij}^t) + C_2 * \alpha_2 * (g_{ij}^t - x_{ij}^t) \quad (2-17)$$

$$x_{ij}^{t+1} = x_{ij}^t + v_{ij}^{t+1} \quad (2-18)$$

Donde  $w$ ,  $C_1$  y  $C_2$  son parámetros de inercia, cognitivo y social, respectivamente. El primero es utilizado para controlar el impacto de las velocidades anteriores en el cálculo de la nueva velocidad, y los dos últimos son factores de aceleración cuyos valores determinan la influencia máxima en el cálculo de la nueva velocidad; las variables  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  son expresiones que toman un número aleatorio en el intervalo  $[0,1]$  para la influencia en el cálculo de las velocidades, la primera para la mejor posición personal y la segunda para la mejor posición global (Torres y Barán, 2015).

La **(Ecuación 2-16)** calcula el nuevo vector de velocidad para la  $i$ -ésima partícula con base en la velocidad actual, la distancia euclidiana a su mejor posición y la distancia euclidiana a la mejor posición global. Estas posiciones influyen en la partícula, tanto hacia la mejor posición encontrada como hacia la más favorable encontrada con el resto del enjambre, mientras que la **(Ecuación 2-17)** determina los componentes de la  $i$ -ésima partícula de acuerdo con la velocidad (Torres y Barán, 2015). Como criterio de parada se usa un umbral (*threshold*) que establece un nivel de error aceptable entre el resultado ideal y el óptimo obtenido de la función objetivo reduciendo los tiempos de búsqueda; además, se emplea el criterio de parada dejando que el proceso de optimización agote el número máximo de iteraciones, para así encontrar la mejor de las soluciones posibles (González Pérez y García Gómez, 2017).

## 2.5 Ejecución y prueba del algoritmo

Para la ejecución y prueba se consideraron los estados financieros con sus notas a pie del estado financiero y las políticas de tres empresas manufactureras como casos de estudio. El primero es teórico (Moda fina), el segundo corresponde a empresa grande (Postobón S.A.) y el tercero corresponde a una empresa pyme (Inmunizados y asociados la planta S.A.S.).

Se ingresaron al algoritmo como parámetros los valores operacionales, cuentas por cobrar a clientes, inventarios, activos fijos operacionales depreciables y activos fijos operacionales no depreciables, depreciación acumulada, depreciación del periodo, cuentas por pagar a proveedores y el total de créditos financieros (a corto y largo plazo),

con su costo financiero promedio ponderado y plazo promedio, tomados de los estados financieros; asimismo se incluyen la inversión en activos fijos y la inversión en capital de trabajo estimadas para el periodo siguiente (supuestos), políticas operativas (algunas tomadas desde los indicadores y otras según el comportamiento del mercado), margen de costos, margen de gastos operacionales, margen de compras, rotación de cuentas por cobrar, rotación de inventarios, rotación de cuentas por pagar, el crecimiento mínimo y máximo esperado del KTNO, políticas financieras, intervalo del posible endeudamiento con el plazo, dividendos y el intervalo del ebitda esperado (**Tablas 3-1, 3-4 y 3-7**).

Para probar el algoritmo PSO se corrió el número de partículas para empezar en 20 y luego se aumentó de 20 en 20 hasta 400. La de 300 partículas fue la que mayor coeficiente de correlación presentó, tomando esta como base del estudio en los resultados obtenidos (relacionando el ebitda que garantiza mayores dividendos esperados, el crédito).

Se realizaron pruebas para tres empresas como casos de estudio, aplicando la función objetivo con sus restricciones en el algoritmo PSO y realizando 100 corridas en cada cuestión; inicialmente se probó con variaciones la política de dividendos, con inversión o sin inversión que optimice el FCL. Luego los valores obtenidos se compararon con los iniciales para determinar el cumplimiento de lo esperado, en especial el crecimiento de la empresa, y fueron medidos con los siguientes indicadores: margen ebitda (*ME*), el capital de trabajo neto operativo (*KTNO*), la productividad del capital de trabajo (*PKT*) y la palanca de crecimiento (*PDC*) (García, 2009).

Al determinar los dividendos que se deben pagar se procedió a las pruebas finales.



## 3. Resultados

Para ejecutar y probar el modelo propuesto en este trabajo se consideraron los parámetros (valores iniciales, indicadores y políticas financieras) obtenidos en la caracterización de los estados financieros para cada tipo de empresa, estos valores sirvieron de base para evaluar el algoritmo de optimización por enjambre de partículas utilizando el *software Matlab*. Con los valores obtenidos en la simulación se calcularon valores finales de cuentas del estado de la situación financiera, indicadores financieros proyectados de generación de valor, flujo de caja libre, riesgos financieros, entre otros, para ser comparados con los mismos calculados en dicha caracterización y realizar un análisis sobre la bondad del modelo. Los datos se muestran más adelante en cada una de las tablas que relacionan cada caso de estudio.

Como las empresas en sus proyecciones deben considerar el tipo de dividendos a pagar, siendo este el argumento más importante de los inversionistas para obtener ingresos en el presente y el futuro, reduciendo el grado de incertidumbre. Con este argumento disminuye la inseguridad de los inversionistas en relación con el pago de dividendos futuros inciertos, que los a corto plazo más seguros, ya que prefieren comprar acciones de empresas que pagan dividendos altos ahora, con lo cual el precio de estas será más alto luego, generando valor a futuro.

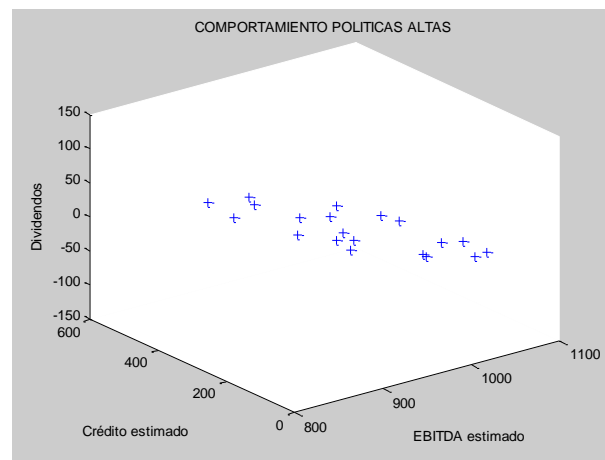
### 3.1 Experimento y resultados del modelo financiero

Utilizando el modelo, se ingresaron los parámetros iniciales obtenidos como punto de partida en la caracterización. Se determinó inicialmente cuál podría ser la política de dividendos para el próximo periodo; para ello se utilizó el modelo para un análisis de sensibilidad, variando el parámetro dividendos, dándole valores desde un máximo de 90 % y disminuyendo cinco unidades porcentuales para cada caso hasta un valor mínimo de 10 % (valores estimados por diseñador del modelo).

En este análisis de sensibilidad, para cada uno de los casos se encontraron tres situaciones similares, a saber:

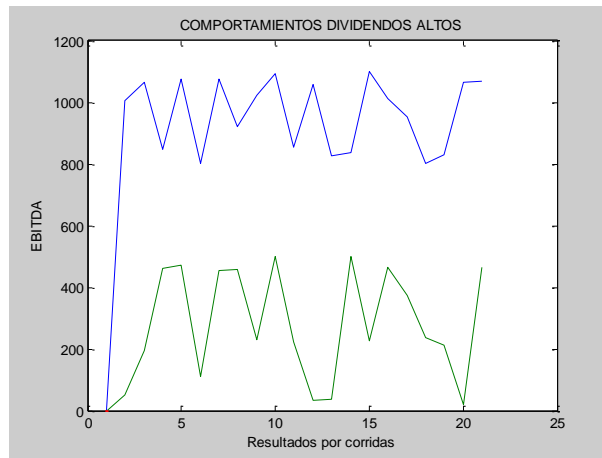
- **El modelo no encontró soluciones óptimas.** En este primer caso se penalizan todas las partículas sin encontrar un resultado favorable; además, los valores obtenidos en las corridas fueron confrontados con las condiciones restrictivas, determinando que los valores eran penalizados debido a que los dividendos obtenidos eran inferiores a los esperados por los inversionistas. Estos resultados son graficados para determinar su comportamiento, siendo muy aleatorio dentro del espacio de búsqueda (**Figura 3-1**). Estos resultados generalmente se presentaron cuando la política de dividendos es considerada alta.

**Figura 3-1:** Comportamiento del modelo con política de dividendos altos



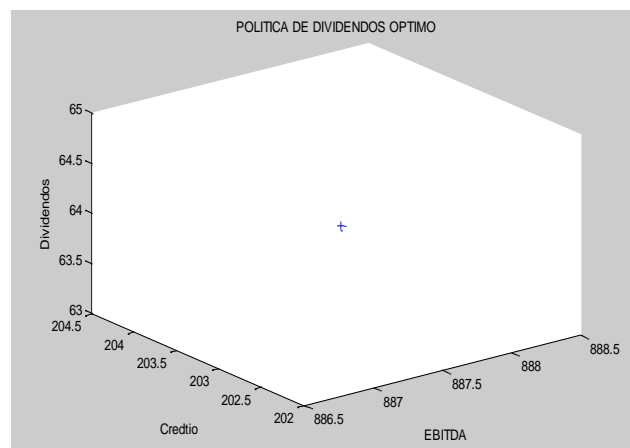
Al realizar comportamientos gráficos individuales de la utilidad ebitda, créditos y dividendos, el comportamiento es inestable o muestra una variación muy irregular dentro del rango de búsqueda sin presentar uniformidad (**Figura 3-2**).

**Figura 3-2:** Comportamiento por variable



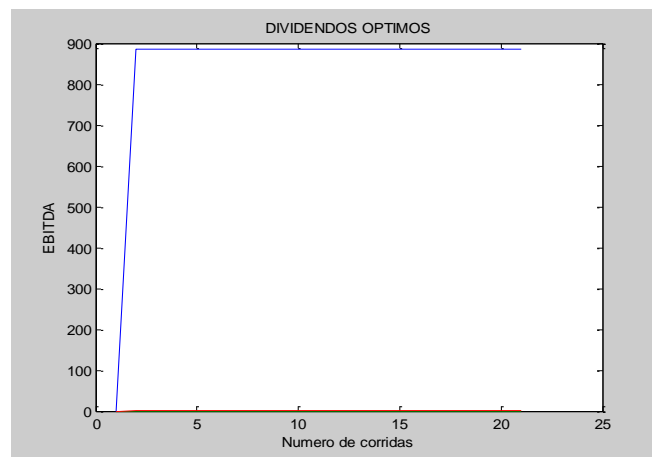
- **El modelo encuentra una solución óptima.** En este segundo caso el modelo encontró un único valor como solución (el mismo en todas las corridas). Este valor cumple con las restricciones y al compararlo con las condiciones iniciales (valores de balance, indicadores y políticas), muestra un comportamiento como mínimo igual al inicial, lo que quiere decir que es una solución óptima y que la empresa se sostiene o mejora sus condiciones en el tiempo. Ello indica que este sería el valor óptimo del ebitda, la estructura financiera requerida y la política de dividendos correcta (**Figura 3-3**).

**Figura 3-3:** Comportamiento del modelo con política de dividendos óptimo



Al realizar el comportamiento gráfico de la utilidad ebitda y créditos, se puede ver que el comportamiento es estable dentro de un rango dado de búsqueda (su desviación es igual a cero) (**Figura 3-4**).

**Figura 3-4:** Comportamientos por variables

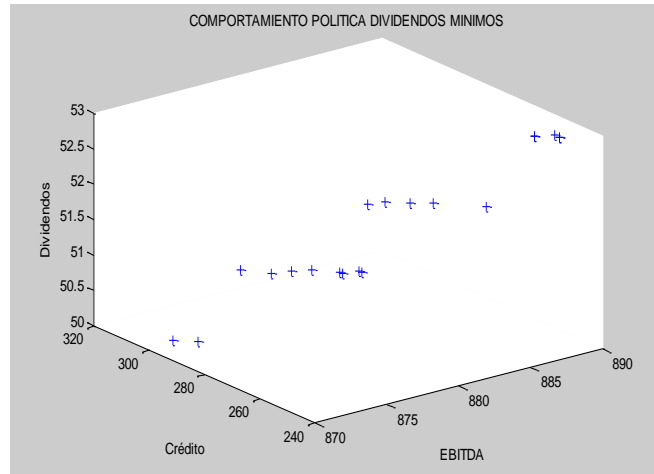


- **El modelo encuentra varias soluciones óptimas.** En este tercer caso se encuentran soluciones, cada una óptima, ya que al ser probadas cumplen con las restricciones y al compararlas con las condiciones iniciales (valores del estado de la situación financiera, indicadores y políticas), muestran un comportamiento como mínimo igual al inicial, pero con variaciones favorables, ya sea en el ebitda, en la estructura financiera o en el crecimiento de la empresa, lo que indica que la misma se sostiene o mejora sus condiciones en el tiempo. Además, con estos valores se pueden obtener estadísticos como la media y la desviación típica favorables y se puede determinar un ajuste rectilíneo entre las variables, una en función de la otra o viceversa, con coeficiente de correlación igual a 1; dicho ajuste puede tener saltos entre algunos intervalos o no. Al ser analizados estos estadísticos se nota que cumplen con las restricciones y al compararlos con las condiciones iniciales (indicadores), muestran ser soluciones óptimas. El ajuste rectilíneo le permite al administrador realizar análisis de sensibilidad hasta el punto de descontar ventas ajustándolas al mercado, con mínimos créditos, buena utilidad y garantizando unos



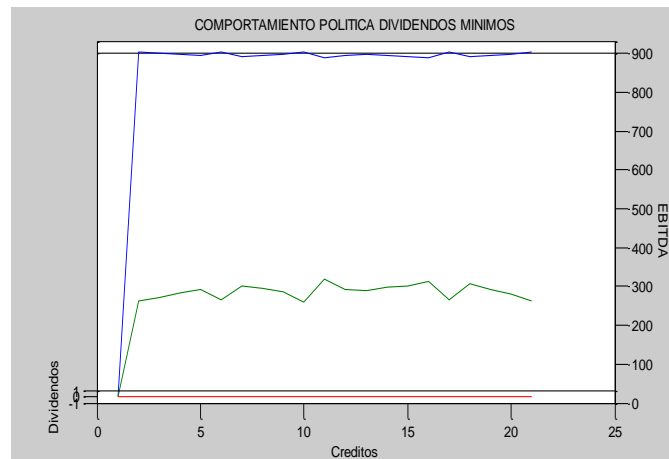
dividendos esperados inferiores en su porcentaje, pero superiores en valor. Este comportamiento se muestra en la **(Figura 3-5)**.

**Figura 3-5:** Comportamiento del modelo con política de dividendos mínimos



Al realizar comportamientos individuales de las 100 corridas realizadas con respecto a la utilidad ebitda, créditos y dividendos, el comportamiento es considerado estable dentro de un rango presentando con poca variabilidad hasta una posible estabilización, sin créditos o con créditos, y valores para los dividendos muy similares, ya sea por el efecto del pago de intereses, si este se realizara **(Figura 3-6)**.

**Figura 3-6:** Comportamiento por variable dividendos mínimos



Con el valor óptimo obtenido de dividendos en la solución dos se procedió a realizar el estudio para cada caso, como se muestra más adelante.

### 3.1.1 Análisis del caso de estudio 1

Se ingresaron al algoritmo los parámetros, políticas, indicadores y valores operacionales obtenidos en la caracterización de los estados financieros de Confecciones Moda fina, como se ilustró en el numeral 2.1 “Caracterización” (página 30), además de las inversiones, si las hay, con su respectiva tasa de interés (**Tabla 3-1**).

**Tabla 3-1:** Parámetros caso de estudio 1 (en millones de pesos)

<b>Parámetros, políticas, indicadores</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Cuentas por cobrar clientes	<i>CCI</i>	\$ 945.88
Inventarios	<i>INI</i>	232.20
Activos fijos operacionales depreciables	<i>Kti</i>	3.242.40
Activos fijos operacionales no depreciables	<i>Ktd</i>	0
Tasa de depreciación promedio actual	<i>dkti</i>	10 %
Tasa de depreciación nueva inversión	<i>dt</i>	10 %
Depreciación del periodo	<i>Dep</i>	324.24
Depreciación acumulada	<i>Dt</i>	609.24
Cuentas por pagar proveedores	<i>CxP</i>	609.00
Crédito financiero promedio	<i>Bti</i>	502.48
Tasa de interés promedio crédito actual	<i>In</i>	10 %
Vencimiento promedio (años)	<i>n</i>	3
Inversión en activos fijos	<i>It</i>	500
Inversión en capital de trabajo	<i>Lt</i>	0
Tasa de interés del nuevo crédito	<i>im</i>	12 %
Plazo del nuevo crédito (años)	<i>m</i>	5
Tasa impositiva	<i>T</i>	34%
Margen de costos	<i>MC</i>	59.25 %
Margen de gastos operativos	<i>MGO</i>	27.19 %
Margen de compras	<i>MCO</i>	59.53 %
Rotación de cuentas por cobrar clientes	<i>RCC</i>	6.72
Rotación de inventarios	<i>RIN</i>	16.29
Rotación de cuentas por pagar proveedores	<i>RCP</i>	6.16
Crecimiento mínimo esperado	<i>Wm</i>	- 5 %
Crecimiento máximo esperado	<i>WM</i>	4 %
Endeudamiento mínimo esperado		0
Endeudamiento máximo esperado		500
Endeudamiento máximo del sector		35 %
Ebitda mínimo esperado		800
Ebitda máximo esperado		1.100
Riesgo moderado		33 %

El criterio de disminución de la incertidumbre en los dividendos, se tomó partiendo que la empresa requiere inversión, para determinar su capacidad de pagar dividendos

calculando la política de dividendos que se les puede ofrecer a los socios (alta o baja). Para dicho análisis se corrió el algoritmo con valores de dividendos desde un valor alto de dividendos 90 % hasta llegar a un valor bajo de dividendos 10 %, para encontrar el valor óptimo a pagar como política.

La **(Tabla 3-2)** muestra el comportamiento de la política de dividendos en términos porcentuales, partiendo del 50 % hasta el 25 %, obteniendo en cada uno de ellos el valor de la utilidad ebitda proyectada que garantiza el pago a los beneficiarios, el crédito necesario, el pago máximo de dividendos y el porcentaje de crecimiento de la empresa.

Cuando los dividendos son superiores al 45 %, el sistema no encuentra soluciones favorables; cuando son del 40 %, encuentra una solución óptima, con valores de la utilidad ebitda de \$ 885.1 millones. Por otra parte, se recomienda que no utilice la capacidad de crédito y que la inversión se haga con capital propio, y que se paguen unos dividendos de \$ 113.9 millones, para que el crecimiento empresarial sea del 3.1 %.

Para dividendos inferiores al 40 % se encuentran valores con rangos del ebitda y se recurre a créditos para cada valor (todos constituyen buenas soluciones). Se determina un valor medio tanto para la utilidad como para los créditos, promedios que también cumplen con lo esperado, con variaciones que se van ampliando a medida que disminuye la política; sin embargo, en comparación, los dividendos y el crecimiento son menores que los que ofrece la solución óptima encontrada con el 40 % (**Tabla 3-2**).

**Tabla 3-2:** Análisis de sensibilidad para la política de dividendos (en millones de pesos)

<b>% de dividendos</b>	<b>Ebitda</b>	<b>Crédito</b>	<b>Valor dividendos</b>	<b>% de Crecimiento</b>
50 %	N/A	N/A	N/A	N/A
45 %	N/A	N/A	N/A	N/A
40 %	\$ 885.1	0	\$ 113.9	3.1
35 %	881.3	79.8	96.8	2.1
30 %	881.2	143.7	82.5	2.0
25 %	879.8	210.3	67.6	1.9

Al repetir el proceso sin inversión, se encontró inicialmente que para unos dividendos superiores al 50 % no había solución; la solución óptima se encontraba entre el 50 % y el 45 %, por lo que se procedió a disminuirlo de uno en uno hasta llegar a determinar que el óptimo para los dividendos era el 47 %, con un ebitda de \$ 882.7 millones, y crédito cero;

en este caso, los dividendos son de \$ 114.6 millones y el crecimiento de 3.1 %. De aquí en adelante se presentó el mismo comportamiento que con inversión (**Tabla 3-3**).

En la (**Tabla 3-3**) se muestran los resultados obtenidos de inversión, endeudamiento, recursos propios, ventas, indicadores financieros (utilidad ebitda, margen ebitda, KTNO, productividad del KTNO, palanca de crecimiento), riesgo financiero, flujo de caja libre, dividendos y porcentaje de dividendos para la empresa Moda fina, realizando un análisis de sensibilidad con o sin e inversión y con o sin crédito, valores que son comparados con los valores iniciales (valores calculados con los estados financieros).

Con los valores óptimos para los dividendos sin inversión (47 % y 35 % el más próximo) y con inversión (40 % y 35 %), se procedió a realizar las proyecciones en el modelo, con crédito y sin crédito. Se encontró que la utilidad ebitda y las ventas deben ser incrementadas aproximadamente en un 6 % en cada caso para cumplir con el objetivo. Cuando se calcularon los indicadores financieros de generación de valor para el análisis y al ser comparados con los de periodos anteriores, mostraron como mínimo el mismo comportamiento. Con este incremento proyectado de las ventas determinado con este modelo, el margen ebitda no presentó variación porcentual para cada alternativa; por su parte, el KTNO aumentó con respecto al periodo anterior, la productividad del KTNO mostró un mejor rendimiento por su aprovechamiento en el uso efectivo de las políticas, la palanca de crecimiento fue mayor, el riesgo financiero siguió siendo moderado, mientras que el flujo de caja libre aumentó, lo que hizo máximo el valor de los dividendos. Si el gerente financiero necesita tomar una decisión, el modelo le suministra información para escoger la que más se acomode a su situación o le garantice un mayor aprovechamiento de los recursos (**Tabla 3-3**).

El modelo recomienda que para cumplir con las políticas financieras, si no se va a realizar inversión, es mejor no cambiar la estructura que garantiza unos dividendos del 47 %. Si se requiere inversión, esta debe ser financiada en su totalidad con recursos propios o aporte de los socios, para unos dividendos del 40 %. Es de anotar que estos dividendos son mejores que los pagados el periodo anterior (del 33 %) (**Tabla 3-3**).

**Tabla 3-3:** Resultados con inversión y sin inversión (en millones de pesos)

Detalle	Inicial	Sin inversión		Con inversión	
		Sin Crédito	Con Crédito	Sin Crédito	Con Crédito
Inversión		0	0	500.0	500.0
Endeudamiento	\$ 502.5	\$ 502.5	\$ 581.3	\$ 502.5	\$ 581.6
Recursos propios (aportes)		0	0	500.0	420.9
Ventas	6.148.0	6.513.5	6.498.1	6.531.2	6.503.1
Ebitda	833.2	882.7	880.7	885.1	881.3
Margen Ebitda	13.6 %	13.6 %	13.6 %	13.6 %	13.6 %
KTNO	569.1	583.7	587.0	586.9	581.9
Productividad del KTNO	9.3 %	9.0 %	8.9 %	9.0 %	9.0 %
Palanca de crecimiento PDC	1.46	1.51	1.52	1.51	1.51
Riesgo financiero	6.0 %	5.7 %	8.2 %	5.6 %	6.8 %
Flujo de caja libre	302.9	316.7	358.5	315.2	320.8
Dividendos	100.9	114.6	105.7	113.9	96.8
% de dividendos	33.3 %	47 %	35 %	40 %	35 %

### 3.1.2 Análisis caso de estudio 2

Se procedió de la misma forma que en el caso de estudio 1, para la empresa Postobón S.A. cambiando la rotación de cuentas por pagar de 0.5 a 1.3. Se ingresaron los datos como se muestra la (Tabla 3-4).

**Tabla 3-4:** Parámetros caso de estudio 2 (en millones de pesos)

Parámetros, políticas, indicadores	Variable	Valor
Cuentas por cobrar clientes	<i>CCI</i>	\$ 333.5
Inventarios	<i>INI</i>	140.4
Activos fijos operacionales depreciables	<i>Kti</i>	1.151.3
Activos fijos operacionales no depreciables	<i>Ktd</i>	618.2
Tasa de depreciación promedio actual	<i>dkti</i>	10.94 %
Tasa de depreciación nueva inversión	<i>dkt</i>	10 %
Depreciación del periodo	<i>Dep</i>	104.5
Depreciación acumulada	<i>Dt</i>	0
Cuentas por pagar proveedores	<i>CxP</i>	328.8
Crédito financiero promedio	<i>Bti</i>	250
Tasa de interés promedio crédito actual	<i>In</i>	7.5 %
Vencimiento promedio (años)	<i>n</i>	5
Inversión en activos fijos	<i>It</i>	50

---

Inversión en capital de trabajo	<i>Lt</i>	0
Tasa de interés del nuevo crédito	<i>im</i>	7.5 %
Plazo del nuevo crédito (años)	<i>m</i>	5
Tasa impositiva	<i>T</i>	34 %
Margen de costos	<i>MC</i>	49.94 %
Margen de gastos operativos	<i>MGO</i>	29.2 %
Margen de compras	<i>MCO</i>	16.28 %
Rotación de cuentas por cobrar clientes	<i>RCC</i>	6.2
Rotación de inventarios	<i>RIN</i>	6.5
Rotación de cuentas por pagar proveedores	<i>RCP</i>	1.6
Crecimiento mínimo esperado	<i>Wm</i>	- 3 %
Crecimiento máximo esperado	<i>WM</i>	4 %
Endeudamiento mínimo esperado		0
Endeudamiento Máximo esperado		\$ 50
Endeudamiento máximo del sector		25 %
Ebitda mínimo esperado		300
Ebitda máximo esperado		500
Riesgo moderado		33 %

---

El criterio de disminución de la incertidumbre en los dividendos, se tomó partiendo que la empresa requiere inversión, para determinar su capacidad de pagar dividendos calculando la política de dividendos que se les puede ofrecer a los socios (alta o baja). Para dicho análisis se corrió el modelo con valores de dividendos desde un valor alto de dividendos 90 % hasta llegar a un valor bajo de dividendos 10 %, para encontrar el valor óptimo a pagar como política.

La **(Tabla 3-5)** muestra el comportamiento de la política de dividendos en términos porcentuales, partiendo del 60 % hasta el 35 %, obteniendo en cada uno de ellos el valor de la utilidad ebitda proyectada que garantiza el pago a los beneficiarios, el crédito necesario, el pago máximo de dividendos y el porcentaje de crecimiento de la empresa.

Considerando que la empresa requiere inversión, los dividendos entre el 80 % y 50 %, el sistema no encontró soluciones óptimas; para los dividendos del 47 % se encuentra una solución óptima, recurriendo a la totalidad del crédito, con el agravante de que para obtener mayores dividendos, genera un crecimiento mínimo, cuando la política es 40 % o menor; además, se debe recurrir al crédito (el mismo) para aprovechar el apalancamiento favorable. Si se disminuye la política de dividendos, la utilidad ebitda y el crédito serán

siempre el mismo, con el mismo crecimiento y aumento de los dividendos, como se muestra en la **(Tabla 3-5)**.

**Tabla 3-5:** Análisis de sensibilidad para la política de dividendos (en millones de pesos)

<b>% de dividendos</b>	<b>Ebitda</b>	<b>Crédito</b>	<b>Valor dividendos</b>	<b>% de crecimiento</b>
60 %	N/A	N/A	N/A	N/A
55 %	N/A	N/A	N/A	N/A
50 %	N/A	N/A	N/A	N/A
45 %	\$ 325.9	\$ 50	\$ 60.2	0.01
40 %	325.9	50	60.2	0.01
35 %	325.9	50	60.2	0.01

Al repetir el proceso sin inversión se encontró que el modelo generaba los mismos resultados que con inversión con la posibilidad del mismo crédito, que al evaluarlos determina la misma utilidad ebitda, con el mismo crecimiento pero con pago de mayores dividendos **(Tabla 3-6)**.

En la **(Tabla 3-6)** se muestran los resultados obtenidos de inversión, endeudamiento, recursos propios, ventas, indicadores financieros (utilidad ebitda, margen ebitda, KTNO, productividad del KTNO, palanca de crecimiento), riesgo financiero, flujo de caja libre, dividendos y porcentaje de dividendos para la empresa Postobón S.A., realizando un análisis de sensibilidad con o sin e inversión y con o sin crédito, valores que son comparados con los valores iniciales (valores calculados con los estados financieros).

Con este valor (47 %), se procedió a realizar las proyecciones con inversión y sin inversión, con crédito y sin crédito. Estas mostraron que las ventas se deben incrementar aproximadamente en un 7 % para que los indicadores financieros utilizados en el análisis sean favorables. Con estos incrementos proyectados de las ventas, el margen ebitda fue igual para cada alternativa, el KTNO aumentó con respecto al periodo anterior, la productividad del KTNO mostró un mejor rendimiento por su aprovechamiento en el uso efectivo de las políticas, la palanca de crecimiento mejoró al ser mayor, el riesgo financiero siguió siendo favorable, mientras que el flujo de caja libre aumentó, lo que hizo máximo el valor de los dividendos. Si se fuera a optar por una de estas alternativas, el

gerente financiero debe escoger entre las que generan buenos dividendos, mejor crecimiento y mejor aprovechamiento de los recursos (**Tabla 3-6**).

Este modelo recomienda que para cumplir con las políticas financieras, si no se va a realizar inversión, se debe realizar un cambio en la estructura financiera y recurrir a un crédito de 50 millones de pesos para aprovechar el apalancamiento y garantizarles unos dividendos del 47 % a los socios. Y si se requiere inversión, esta debe ser financiada con créditos en su totalidad, y alcanzar así unos dividendos del 47 %. Hay que considerar que como la empresa no está pagando bien a sus proveedores (indicador muy bajo 0.6), no está cumpliendo con esta política lo que nos llevó a mejorar el indicador, y si es necesario hay que realizar un análisis a un tiempo más futuro para determinar en qué momento se cumple con estos beneficiarios (**Tabla 3-6**).

**Tabla 3-6:** Resultados con inversión y sin inversión (en millones de pesos)

Detalle	Inicial	Sin inversión		Con inversión	
		Sin Crédito	Con Crédito	Sin Crédito	Con Crédito
Inversión		0	0	50	50
Endeudamiento	\$ 250	\$ 250	\$ 300	\$ 250	\$ 300
Recursos propios (aportes)		0	0	0	0
Ventas	1.252.5	1.562.4	1.562.4	1.562.4	1.562.4
Ebitda	323.9	326.0	326.0	326.0	326.0
Margen ebitda	20.9 %	20.9 %	20.9 %	20.9%	20.9 %
KTNO	145.1	146.3	146.3	146.3	146.3
Productividad del KTNO	9.3 %	9.4 %	9.4%	9.4 %	9.4 %
Palanca de crecimiento PDC	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Riesgo financiero	5.8 %	5.8%	6.9 %	5.8 %	6.9 %
Flujo de caja libre	193.2	201.7	201.9	201.7	201.9
Dividendos	100.9	139.9	138.8	139.9	138.8
% de dividendos	40 %	47 %	47 %	47 %	47 %



### 3.1.3 Análisis caso de estudio 3

Para el caso de estudio 3 se procedió de la misma manera que en el caso de estudio 1 para la empresa Inmunizadora y asociados la planta S.A.S. Se ingresaron los datos como se muestra en la (Tabla 3-7).

**Tabla 3-7:** Parámetros caso de estudio 3

Parámetros, políticas, indicadores	Variable	Valor
Cuentas por cobrar clientes	<i>CCI</i>	\$ 209.79
Inventarios	<i>INI</i>	435.25
Activos fijos operacionales depreciables	<i>Kti</i>	213.60
Activos fijos operacionales no depreciables	<i>Ktd</i>	10.00
Tasa de depreciación promedio actual	<i>dkti</i>	18.66 %
Tasa de depreciación nueva inversión	<i>dkt</i>	10 %
Depreciación del periodo	<i>Dep</i>	31.78
Depreciación acumulada	<i>Dt</i>	87.00
Cuentas por pagar proveedores	<i>CxP</i>	98.22
Crédito financiero promedio	<i>Bti</i>	170.36
Tasa de interés promedio crédito actual	<i>In</i>	12 %
Vencimiento promedio (años)	<i>n</i>	5
Inversión en activos fijos	<i>It</i>	40
Inversión en capital de trabajo	<i>Lt</i>	0
Tasa de interés del nuevo crédito	<i>im</i>	12 %
Plazo del nuevo crédito (años)	<i>m</i>	5
Tasa impositiva	<i>T</i>	34 %
Margen de costos	<i>MC</i>	69.55 %
Margen de gastos operativos	<i>MGO</i>	21.98 %
Margen de compras	<i>MCO</i>	39.99 %
Rotación de cuentas por cobrar clientes	<i>RCC</i>	16.44
Rotación de inventarios	<i>RIN</i>	6.96
Rotación de cuentas por pagar proveedores	<i>RCP</i>	12.91
Crecimiento mínimo esperado	<i>Wm</i>	- 2 %
Crecimiento máximo esperado	<i>WM</i>	4 %
Endeudamiento mínimo esperado		0
Endeudamiento máximo esperado		40
Endeudamiento máximo del sector		40 %
Ebitda mínimo esperado		350
Ebitda máximo esperado		450
Riesgo moderado		33 %

El criterio de disminución de la incertidumbre en los dividendos, se tomó partiendo que la empresa requiere inversión, para determinar su capacidad de pagar dividendos calculando la política de dividendos que se les puede ofrecer a los socios (alta o baja). Para dicho análisis se corrió el modelo con valores de dividendos desde un valor alto de dividendos 90 % hasta llegar a un valor bajo de dividendos 10 %, para encontrar el valor óptimo a pagar como política.

La **(Tabla 3-8)** muestra el comportamiento de la política de dividendos en términos porcentuales, partiendo del 90 % hasta el 50 %, obteniendo en cada uno de ellos el valor de la utilidad ebitda proyectada que garantiza el pago a los beneficiarios, el crédito necesario, el pago máximo de dividendos y el porcentaje de crecimiento de la empresa.

Al analizar los comportamientos se detecta que unos dividendos superiores al 90 % no generan soluciones óptimas. Con estos porcentajes (85 % y 80 %) se encuentra solución sin crédito y se generan buenos dividendos, pero la empresa decrece. Cuando la política es 75 % se requiere crédito mínimo, pero con buenos dividendos por el efecto del pago de los intereses; de ahí en adelante, mientras menor es el porcentaje de dividendos, mayor es el crédito siendo igual en cada caso y los dividendos siguen iguales por el mismo efecto de los intereses, pero el crecimiento de la empresa sigue siendo el mismo **(Tabla 3-8)**.

**Tabla 3-8:** Análisis de sensibilidad para la política de dividendos (en millones de pesos)

<b>% de dividendos</b>	<b>Ebitda</b>	<b>Crédito</b>	<b>Valor dividendos</b>	<b>% de crecimiento</b>
90 %	N/A	N/A	N/A	N/A
85 %	\$ 352.0	\$ 16.5	\$ 180.6	- 0.028
80 %	355.0	15.4	173.1	- 0.011
75 %	356.6	40	163.6	0
70 %	359.3	40	156.9	0.014
60 %	359.3	40	156.9	0.014
50 %	359.3	40	156.9	0.014

Al repetir el proceso sin inversión se encontró que el modelo generaba los mismos resultados que con inversión con la posibilidad del mismo crédito, que al evaluarlos determina la misma utilidad ebitda, con el mismo crecimiento pero con pago de mayores dividendos (**Tabla 3-8**).

En la (**Tabla 3-9**) se muestran los resultados obtenidos de inversión, endeudamiento, recursos propios, ventas, indicadores financieros (utilidad ebitda, margen ebitda, KTNO, productividad del KTNO, palanca de crecimiento), riesgo financiero, flujo de caja libre, dividendos y porcentaje de dividendos para la empresa Inmunizadora y asociados la planta S.A.S., realizando un análisis de sensibilidad con o sin e inversión y con o sin crédito, valores que son comparados con los valores iniciales (valores calculados con los estados financieros).

Para cumplir con las políticas de la empresa con una disminución en las ventas y un mejoramiento de cada uno de los indicadores financieros, como se muestra en la (**Tabla 3-9**). Con estas ventas proyectadas, el margen ebitda fue igual para cada alternativa, el KTNO aumentó con respecto al periodo anterior sin crédito, la productividad del KTNO mostró un mejor rendimiento por su aprovechamiento de los recursos, la palanca de crecimiento mostró una recuperación significativa, el riesgo financiero siguió siendo moderado, mientras que el flujo de caja libre aumentó, lo que maximizó el valor de los dividendos

**Tabla 3-9:** Resultados con inversión y sin inversión (en millones de pesos)

Detalle	Inicial	Sin inversión		Con inversión	
		Sin Crédito	Con Crédito	Sin Crédito	Con Crédito
Inversión		0	0	40	40
Endeudamiento	\$ 170.4	\$ 170.4	\$ 210.4	\$ 170.4	\$ 210.4
Recursos propios		0	0	32	0
Ventas	4.467.2	4.239.5	4.212.4	4.239.5	4.212.4
Ebitda	378.4	359.1	356.9	359.1	356.9
Margen Ebitda	8.5 %	8.5 %	8.5 %	8.5 %	8.5 %
KTNO	546.8	553.7	546.8	553.7	546.8
Productividad del KTNO	12.2 %	13.1 %	13.0 %	13.1 %	13.0 %

---

Palanca de crecimiento PDC	0.7	0.6	0.7	0.6	0.7
Riesgo financiero	5.0 %	5.0 %	7.1 %	5.0 %	7.1 %
Flujo de caja libre	193.2	219.0	221.5	219.0	221.5
Dividendos	100.9	171.8	162.9	171.8	162.9
% de dividendos	68 %	75 %	75 %	75 %	75 %

---

## 3.2 Análisis de los resultados

Este trabajo propone un modelo para realizar proyecciones financieras partiendo de las políticas de la empresa y del análisis de sus estados financieros, con base en la técnica de optimización por enjambre de partículas (PSO). En la simulación se utilizaron datos reales, políticas reales, e indicadores financieros calculados con información real; al ser comparados los resultados obtenidos en la simulación con los históricos, se muestra una mejoría en las condiciones de la empresa.

La técnica PSO se convierte en un modelo dinámico para realizar proyecciones financieras, ya que admite realizar análisis de sensibilidad con las diferentes políticas, parámetros e indicadores, permitiendo el ajuste cuando sea necesario variar algunos de ellos para realizar un análisis más profundo o exacto y determinar estrategias de mejoramiento para el logro de los objetivos esperados.

En las simulaciones con el modelo se detectó que para cumplir con los dividendos debe aumentar las ventas en alguno de los casos, (para confecciones Moda fina las ventas deben aumentar como mínimo sin inversión con crédito el 5.69 %; para Postobon S.A. el 24.74 % y para Inmunizadora asociados la planta S.A.S., disminuir el 5.79 %), el apalancamiento financiero debe ser favorable (a una tasa inferior al del rendimiento) y, en ocasiones, debe disminuir el capital de trabajo neto operativo para que haya crecimiento debido al alto capital invertido en este; bajo esas condiciones es aconsejable no pagar dividendos, ya que esto puede llevar a una descapitalización. Los créditos afectan el pago de los dividendos por el pago de los intereses, pero garantizan el crecimiento de la empresa, como puede notarse en el caso de confecciones Moda fina que sus dividendos pasan sin crédito de 47 % a con crédito el 35 %.

Se ha determinado que a medida que aumenta el crédito, disminuye lo relacionado con lo operativo, en especial la utilidad neta, lo que lleva a la empresa a disminuir el capital de trabajo y a pagar menos dividendos. Además, a medida que se rebajan los dividendos, hay una disminución de las ventas y, por ende la utilidad ebitda (considerando que se tiene el mismo comportamiento de costos y gastos operacionales) para poder garantizar un mayor crecimiento de la empresa; de lo contrario, esta pierde su valor.

Cuando el porcentaje de dividendos disminuye, aumenta el valor de los dividendos por pagar en relación con lo esperado y la variabilidad de cada una de las variables consideradas en el estudio, lo que muestra mayor concentración entre ellas. Esto constituye un motivo para decir que la empresa está creciendo vía pago de dividendos.

Si la política de dividendos es alta (exigida por los socios) y no hay capacidad de apalancamiento, se debe recurrir a la disminución del capital de trabajo, pero esto aumenta el riesgo de no poder cubrir sus obligaciones a corto plazo; además, por el solo hecho de buscar el pago de los dividendos se está descapitalizando la empresa; por tanto, si se desea cumplir con dicho pago, se deben aumentar considerablemente las ventas, para lo cual es necesario un buen estudio de mercadeo (demanda) para no caer en problemas económicos y financieros.

Al calcular las ventas (con su incremento) para el siguiente periodo, se permite comparar con las estimadas por mercadeo; de no cumplirse se podrían realizar más análisis hasta determinar lo que se ajusta a las mismas, para así tomar decisiones operativas o financieras que disminuyan la política de dividendos.

Cuando los porcentajes de dividendo son inferiores a los exigidos por los inversionistas (políticas), se puede obtener una ecuación lineal de las ventas en función del crédito por realizar o viceversa con un coeficiente de correlación perfecto. La ecuación obtenida se puede utilizar para obtener el crédito requerido (apalancamiento favorable), el cual garantice el pago de un máximo dividendo; solo se reemplazaría por las ventas estimadas mediante el estudio de mercadeo para así poder explicarles a los dueños de la empresa el motivo de la disminución en los dividendos.

### **3.3 Aporte del modelo**

Considerando los resultados obtenidos, se demuestra que un algoritmo bioinspirado, basado en técnicas de optimización por enjambre de partículas, se puede implementar como modelo de proyecciones financieras. Por la facilidad en su uso y su gran cantidad de variables y parámetros, se puede implementar para nuevos modelos requeridos en las finanzas, en la administración y en la economía.

Este trabajo es un aporte fundamental para los empresarios y los inversionistas en la toma de decisiones financieras, ya que le dice cuanto debe ser la inversión, el crédito y el mínimo de las ventas en un periodo para obtener el mínimo de dividendos, organizando toda la parte operativa para el logro de los objetivos esperados, además, de disminuir el riesgo y se garantiza una buena implementación para el futuro.

Con los resultados se pueden construir otros análisis para la toma de decisiones, como el plan financiero o presupuestos.

## **4. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

Se propuso un modelo de optimización para proyectar la estructura financiera de una empresa cumpliendo las políticas y se compararon los resultados con indicadores obtenidos históricamente, resultados que muestran un mejoramiento en todas las condiciones evaluadas. Tarea difícil de llevar a cabo de forma experimental, puesto que es complejo hacer mediciones sin que sean afectadas las políticas financieras, que en cualquier momento deben ser necesariamente ajustadas para el logro de los resultados esperados.

En el análisis de los estados financieros se identificaron los parámetros (variables) indispensables para la toma de decisiones de inversión, endeudamiento, operación y dividendos, familiarizados con el activo, pasivo, patrimonio, ingresos, costos y gastos, considerando las circunstancias del mercado, estableciendo lo que representa cada una en el análisis, calculando para cualquier tipo de empresas indicadores de generación de valor y crecimiento bajo la base histórica, determinando en que condición se encuentra la empresa, su comportamiento y cambios o ajustes necesarios.

Al probar el modelo con los parámetros obtenidos en la caracterización, en algunas situaciones no se encontró soluciones, lo que permitió recurrir a realizar ajustes en algunas de las políticas o indicadores, siendo la más recomendable la de dividendos por los resultados arrojados, debido a que cuando esta es alta (el modelo se queda en un valor local o personal), sin encontrar solución, recomendando rebajar la política; mientras que si es baja, se hallan múltiples soluciones dentro de un rango de valores, permitiendo calcular valores estadísticos como promedios y desviaciones, con los que se puede evaluar algunas variaciones de los indicadores considerando su favorabilidad, o aumentar la política de dividendos hasta un valor óptimo volviendo la empresa más atractiva.

Los resultados mostraron que el modelo propuesto, además de ser versátil permite hacer simulaciones variando parámetros dentro de un rango de valores hasta encontrar resultados óptimos con diferentes escenarios. Los resultados de las simulaciones muestran que se pueden realizar ajustes a las políticas empresariales sin afectar las condiciones de crecimiento y generación de valor, además de volver la empresa atractiva para los socios.

El modelo de automatización propuesto ayuda a minimizar la incertidumbre y el riesgo en la toma de decisiones ya que no requiere de información histórica, siendo sus resultados eficientes y eficaces.

La implementación del modelo aunque compleja permite realizar análisis en tiempo real, de una manera ágil y oportuna para la toma de decisiones financieras, por parte de los ejecutivos o inversionistas.

Con las pruebas realizadas se determinó que el modelo mediante la técnica de optimización por enjambre de partículas es aplicable al análisis financiero, por cuanto es útil para las proyecciones, ya que permite relacionar un conjunto multivariable para determinar alternativas de solución y hacer combinaciones dentro de los parámetros y políticas consideradas.

## **4.2 Recomendaciones**

Realizar un modelo mediante el algoritmo PSO para determinar las políticas financieras de la empresa con las diferentes alternativas de inversión.

Organizar una función objetivo utilizando el algoritmo PSO para realizar el plan financiero de la empresa en un horizonte máximo de cinco años simulación que permita variar los parámetros en cada año de estudio, con los resultados obtenidos en el periodo anterior.

Construir los estados financieros bajo los resultados obtenidos mediante el modelo propuesto, calculando los indicadores tradicionales y hacer el plan financiero que permita determinar la visión de la empresa.



Utilizar el algoritmo PSO construyendo una función objetivo que permita hacer simulaciones para obtener relaciones entre el capital de trabajo neto operativo el margen ebitda, hasta llegar a la palanca de crecimiento, y además, con otros indicadores de generación de valor, confirmando el cumplimiento del ciclo de liquidez.



## A. Anexo: Estados financieros Moda fina

### BALANCES GENERALES

Millones de Pesos

	2014	2015
Efectivo	82,60	32,00
Cuentas por Cobrar	884,00	946,88
Inventarios	215,00	232,20
<b>Activo Corriente</b>	<b>1.181,60</b>	<b>1.211,08</b>
Maquinaria y Equipo	2.584,00	3.242,00
Depreciación acumulada	- 285,00	- 609,24
<b>Activo fijo neto</b>	<b>2.299,00</b>	<b>2.632,76</b>
<b>TOTAL ACTIVOS</b>	<b>3.480,60</b>	<b>3.843,84</b>
Proveedores	580,00	609,00
Impuestos por Pagar	125,60	455,96
Préstamo a corto plazo	420,00	335,89
<b>Pasivo Corriente</b>	<b>1.125,60</b>	<b>1.400,85</b>
Bonos por pagar	300,00	239,92
<b>TOTAL PASIVOS</b>	<b>1.425,60</b>	<b>1.640,77</b>
Capital	1.800,00	1.800,00
Utilidades retenidas	255,00	402,47
<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	<b>2.055,00</b>	<b>2.202,47</b>
<b>PASIVO MAS PATRIMONIO</b>	<b>3.480,60</b>	<b>3.843,24</b>

**CONFECCIONES MODA FINA****ESTADOS DE RESULTADOS**

Millones de pesos

	<b>2014</b>		<b>2015</b>
Ventas netas	5.800,00		6.148,00
CMV	-	3.447,00	-
Inventario inicial de mercancías	206,00		215,00
Compras	3.456,00		3.660,00
Inventario final de mercancías	215,00		232,20
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>2.353,00</b>		<b>2.505,20</b>
Gastos de Admón.	-	726,00	-
Gastos de Ventas	-	820,00	-
<b>EBITDA</b>	<b>807,00</b>		<b>833,20</b>
Depreciación	-	258,40	-
<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>	<b>548,60</b>		<b>508,96</b>
Gastos financieros	-	168,00	-
<b>UTILIDAD ANTES DE IMP.</b>	<b>380,60</b>		<b>458,71</b>
Impuestos	-	125,60	-
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>255,00</b>		<b>302,75</b>

## B. Anexo: Estados financieros Postobón

### Estado separado de situación financiera

31 de diciembre de 2016

(Con cifras comparativas por el año que terminó el 31 de diciembre de 2015)

(en millones de pesos colombianos)

	2016	2015
<b>Activos</b>		
Efectivo y equivalente de efectivo	73.365	184.613
Deudores comerciales y otras cuentas por cobrar	333.508	164.589
Inventarios	140.380	102.279
Otros activos no financieros corrientes	11.117	13.004
Activos por impuestos corrientes	594	-
<b>Total activos corrientes</b>	<b>558.964</b>	<b>464.485</b>
Propiedad, planta y equipo	1.576.729	1.511.694
Activos intangibles	44.201	11.289
Deudores comerciales y otras cuentas por cobrar	70.756	59.389
Propiedades de inversión	199.304	212.849
Inversiones contabilizadas utilizando el método de participación	190.561	151.810
Otros activos financieros no corrientes	5	5
Otros activos no financieros no corrientes	42.019	31.543
<b>Total activos no corrientes</b>	<b>2.123.575</b>	<b>1.978.579</b>
<b>Total activos</b>	<b>2.682.539</b>	<b>2.443.064</b>
<b>Pasivos</b>		
Préstamos y obligaciones	2.770	-
Pasivos por impuestos corrientes	23.683	18.174
Acreedores comerciales y otras cuentas por pagar	328.602	478.864
Otros pasivos no financieros	27.296	26.026
Beneficios a los empleados	20.491	19.150
<b>Total pasivos corrientes</b>	<b>402.842</b>	<b>542.214</b>

Préstamos y obligaciones	250.000	-
Acreedores comerciales y otras cuentas por pagar no corrientes	225	345
Beneficios a los empleados	14.444	14.532
Pasivos contingentes y provisiones	20.378	-
Pasivos por impuestos diferidos	182.012	183.580
<b>Total pasivos no corrientes</b>	<b>467.059</b>	<b>198.457</b>
<b>Total pasivos</b>	<b>869.901</b>	<b>740.671</b>
<b>Total patrimonio</b>	<b>1.812.638</b>	<b>1.702.393</b>
<b>Total pasivo y patrimonio</b>	<b>2.682.539</b>	<b>2.443.064</b>

  
**MIGUEL FERNANDO ESCOBAR PENAGOS**  
 Representante Legal

  
**MARÍA ASCENETH CUERVO ÁLVAREZ**  
 Contadora  
 T.P. 22467-T

  
**NATALY CASTRO ARANGO**  
 Revisora Fiscal  
 T.P. 138316 -T  
 Miembro de KPMG S.A.S.  
 (Véase mi informe del 6 de marzo de 2017)

**POSTOBÓN S.A****ESTADO SEPARADO DE RESULTADO Y OTRO RESULTADO INTEGRAL**

año que terminó el 31 de diciembre de 2016

(Con cifras comparativas por el año que terminó el 31 de diciembre de 2015)

(En millones de pesos colombianos)

	<b>2016</b>	<b>2015</b>
<b>Operaciones continuas</b>		
Ingreso de actividades ordinarias por ventas de bebidas	1.393.801	1.123.308
Ingreso de actividades ordinarias por otras ventas	158.736	139.636
	<u>1.552.537</u>	<u>1.262.944</u>
<b>Costo de venta</b>	<b>(794.138)</b>	<b>(579.705)</b>
<b>Utilidad bruta</b>	<b>758.399</b>	<b>683.239</b>
Utilidad (pérdida) venta propiedad, planta y equipo y propiedades de inversión neto	12.267	(588)
Costos de distribución	(394.182)	(342.072)
Gastos de administración	(162.252)	(142.449)
Otros ingresos (gastos) netos	5.231	(10.583)
<b>Resultado de las actividades de operación</b>	<b>219.463</b>	<b>187.547</b>
Ingreso financiero	10.096	19.290
Costos financieros	(21.694)	(16.152)
<b>(Costo) ingreso financiero neto</b>	<b>(11.598)</b>	<b>3.138</b>
Participación en la ganancia de asociados	(3.087)	2.012
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>204.778</b>	<b>192.697</b>
Gastos por impuestos a las ganancias	(70.452)	(7.660)
<b>Resultado del periodo</b>	<b>134.326</b>	<b>185.037</b>
<b>Otro resultado integral</b>		
Método de participación patrimonial	(441)	296
Perdidas actuariales no reconocidas	(637)	-
Impuesto diferido pérdidas actuariales no reconocidas	210	-
<b>Otro resultado integral del año neto de impuestos</b>	<b>(868)</b>	<b>296</b>
<b>Resultado integral total del año</b>	<b>133.458</b>	<b>185.333</b>

  
**MIGUEL FERNANDO ESCOBAR PENAGOS**  
 Representante Legal

  
**MARÍA ASCENETH CUERVO ÁLVAREZ**  
 Contadora  
 T.P. 22467-T

  
**NATALY CASTRO ARANGO**  
 Revisora Fiscal  
 T.P. 138316 -T  
 Miembro de KPMG S.A.S.  
 (Véase mi informe del 6 de marzo de 2017)

## C. Anexo: Estados financieros Inmunizadora y asociados la planta

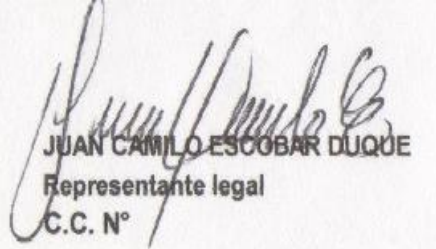
**INMUNIZADORA Y ASOCIADOS LA PLANTA S.A.S.**  
**NIT. 811,024,273-1**  
**ESTADO DE RESULTADOS COMPARATIVO**  
**DEL 01 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2015 - 2016**  
**(Cifras en pesos)**

	<b>2016</b>	<b>2015</b>
<b>41 INGRESOS OPERACIONALES</b>	<b>4.467.400.013</b>	<b>3.167.857.475</b>
4135 VENTA DE MADERA INMUNIZADA Y		
4135 DERIVADOS	4.571.014.743	3.239.029.062
4175 4175 DEVOLUCIONES, REBAJAS Y DESCUENTOS	-103.614.730	-71.171.587
<b>61 COSTO DE VENTAS</b>	<b>1.786.409.442</b>	<b>1.552.869.171</b>
6135 COMERCIO AL POR MAYOR Y POR MENOR	1.786.409.442	1,552,869 171
<b>72 MANO DE OBRA DIRECTA</b>	<b>284.073.382</b>	<b>257.289.906</b>
7201 MANO DE OBRA DIRECTA	284.073.382	257.289.906
<b>73 COSTOS Y GASTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION</b>	<b>268.470.244</b>	<b>183.974.337</b>
7310 COSTOS INDIRECTOS	107.497.726	82.597.113
7320 ARRENDAMIENTO	64.762.726	62.501.851
7335 SERVICIOS	55.248.813	17.971.500
7345 MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	32.281.058	4.542.780
7360 DEPRECIACIONES	8.679.921	16.361.093
<b>74 CONTRATOS DE SERVICIOS</b>	<b>776.920.596</b>	<b>185.384.225</b>
7401 SERVICIOS CONSTRUCTIVOS	776.920.596	185.384.225
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>3.115.873.664</b>	<b>2.179.517.639</b>
<b>UTILIDAD BRUTA EN VENTAS</b>	<b>1.351.526.349</b>	<b>988.339.836</b>

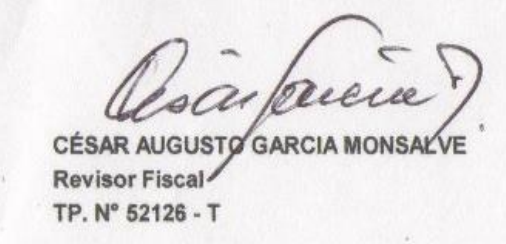


	<b>GASTOS</b>		
	<b>OPERACIONALES</b>	<b>1.004.932.303</b>	<b>522.656.336</b>
<b>51</b>	<b>DE ADMINISTRACION</b>	<b>293.713.223</b>	<b>303.445.432</b>
5135	GASTOS DE PERSONAL	166.295.198	151.549,63
5110	HONORARIOS	30.666.379	52.125.218
5115	IMPUESTOS	1.544.863	7.789.717
5120	ARRENDAMIENTO	2.976.930	876.827
5125	CONTRIBUCIONES Y AFILIACIONES	6.457.804	2.109.500
5130	SEGUROS	3.827.957	4.141.701
5135	SERVICIOS	13.402.600	13.577.708
5140	GASTOS LEGALES	1.819.731	2.259.850
5145	MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	1.530.234	24.990.593
5150	ADECUACION E INSTALACIONES	15.755.233	2.535,353
5155	GASTOS DE VIAJE	0	0
5160	DEPRECIACIONES	23.102.797	8.742.687
5195	DIVERSOS	26.333.497	15.152.389
5199	PROVISIONES	0	17.594.260
<b>52</b>	<b>DE VENTAS</b>	<b>711.219.080</b>	<b>219.210.904</b>
5205	GASTOS DE PERSONAL	397.215.349	126.859.131
5210	HONORARIOS	49.209.449	8.420.280
5215	IMPUESTOS	30.990.026	620.088
5220	ARRENDAMIENTO	34.047.150	2.780.000
5230	SEGUROS	4.572.995	1.083.836
5235	SERVICIOS	103.134.485	52.353.004
5240	GASTOS LEGALES	0	470.000
5245	MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	11.445.422	6.192.681
5250	ADECUACIONES E INSTALACIONES	1.330.725	2.817.227
5255	GASTOS DE VIAJE	559.600	242.000
5295	DIVERSOS	78.713.879	17.372.657
	<b>TOTAL GASTOS OPERACIONALES UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>1.004.932.303</b>	<b>522.656.336</b>
	<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b><u>346.594.046</u></b>	<b><u>465.683.500</u></b>
<b>42</b>	<b>INGRESOS NO OPERACIONALES</b>	<b>125.377.522</b>	<b>18.328.271</b>
4205	OTRAS VENTAS	3.200.000	0
4210	FINANCIEROS	3.025.199	767.606
4220	ARRENDAMIENTOS	4.683.437	6.600.000
4230	OTROS INGRESOS	63.028,544	1.195.580
	UTILIDAD EN VENTA DE PROPIEDAD, PLANTA Y EQUIPO	40.498.068	2.630.001
4245	EQUIPO	40.498.068	2.630.001
4250	RECUPERACIONES	8.189.786	6.018.809

4255	REINTEGROS	2.367.125	1.113.420
4295	DIVERSOS	385.362	2.855
<b>53</b>	<b>GASTOS NO OPERACIONALES</b>	<b>104.278.371</b>	<b>101.012.592</b>
5305	FINANCIEROS	27.240.670	19.151.007
5310	PERDIDA EN VENTA Y RETIRO DE BIENES	0	4.130.669
5315	GASTOS EXTRAORDINARIOS	497.701	77.730.916
5395	DIVERSOS	76.540,00	0
	<b>UTILIDAD DEL EJERCICIO</b>	<b><u>367.693.197</u></b>	<b><u>382.999.179</u></b>
5405	PROV. IMPUESTO DE RENTA Y COMPLEMENTARIOS	91.923.299	95.750.099
5405	PROV. IMPUESTO CREE	33.092.388	34.469.555
	<b>UTILIDAD O PERDIDA LIQUIDA</b>	<b><u>242.677.509</u></b>	<b><u>252.779.525</u></b>
	RESERVA LEGAL	0	0
	<b>UTILIDAD O PERDIDA NETA</b>	<b><u>242.677.509</u></b>	<b><u>252.779.525</u></b>



JUAN CAMILO ESCOBAR DUQUE  
Representante legal  
C.C. N°

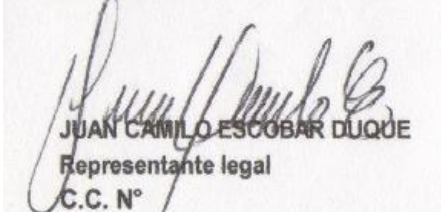


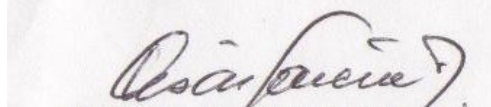
CÉSAR AUGUSTO GARCIA MONSALVE  
Revisor Fiscal  
TP. N° 52126 - T

**INMUNIZADORA Y ASOCIADOS LA PLANTA S.A.S.**  
**NIT. 811,024,273-1**  
**BALANCE GENERAL COMPARATIVO**  
**DEL 01 DE ENERO AL 31 DE DICIEMBRE DE 2015 - 2016**  
**(Cifras en pesos)**

	<b>2016</b>	<b>2015</b>
<b>ACTIVOS</b>	<b>1.574.554.744</b>	<b>1.610.727.740</b>
<b>ACTIVO CORRIENTE</b>	<b>1.437.957.088</b>	<b>1.457.464.443</b>
<b>11 DISPONIBLE</b>	<b>629.441.077</b>	<b>542.060.106</b>
1105 CAJA	310.241	3.659.318
1110 BANCOS	810,251 833	524.812.873
1120 CUENTAS DE AHORRO	18.679.003	13,587 915
<b>12 INVERSIONES</b>	<b>441.910</b>	<b>441.910</b>
1245 DERECHOS FIOUCIARIOS	441.910	441.910
<b>13 DEUDORES</b>	<b>372.824.115</b>	<b>455.008.110</b>
1305 CLIENTES	209.785,98	333.859.827
1325 CUENTAS POR COBRAR A SOCIOS	0	12.000.000
1330 ANTICIPOS Y AVANCES	18.215.387	25.821.591
1355 ANTICIPO DE IMPUESTOS Y CONTRIBUCIONES	137940,438	78.834.379
1365 CUENTAS POR COBRAR A TRABAJADORES	9.358.662	8.868.366
1370 PRESTAMOS A PARTICULARES	350.000	350.000
1380 DEUDORES VARIOS	108930	108,93
1399 PROVISIONES	-2.834.983	-2.634.983
<b>14 INVENTARIOS</b>	<b>435.249.986</b>	<b>459.954.317</b>
1405 MATERIA PRIMA	76.464,56	21.492.655
1410 PRODUCTO EN PROCESO	46.665.878	80.041.377
1430 PRODUCTO TERMINADO	214.809.707	312.274.131
1435 MERCANCIA NO FABRICADAS POR LA EMPRESA	97.510.042	86.146.154
ACTIVO NO CORRIENTE	136.597.656	153.263.297
<b>15 PROPIEDAD, PLANTA Y EQUIPO</b>	<b>136.597.656</b>	<b>153.263.297</b>
1504 TERRENOS	10.000.000	20.000.000
1518 CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES	2.000,000	60.882.345
1520 MAQUINARIA Y EQUIPO	66.281.887	63.281.887
1524 EQUIPO DE OFICINA EQUIPO DE COMPUTACION Y	10.095.023	5.512,279
1528 TELECOMUNICACIONES	38.073.831	29.693.831
1540 FLOTA Y EQUIPO DE TRANSPORTE	97.150.000	50.000.000
1592 DEPRECIACION ACUMULADA (CR)	-87.003,085	-78.107.045
<b>TOTAL ACTIVO</b>	<b>1.574.554.744</b>	<b>1.610.727.740</b>

	2016	2015
<b>PASIVOS</b>	<b>624.999.355</b>	<b>731.597.086</b>
<b>PASIVO CORRIENTE</b>	<b>482.255.091</b>	<b>588.102.716</b>
<b>22 PROVEEDORES</b>	<b>98.219.713</b>	<b>178.431.777</b>
2205 NACIONALES	98.219.713	178.431.777
<b>23 CUENTAS POR PAGAR</b>	<b>188.330.270</b>	<b>287.228.859</b>
2355 DEUDAS CON ACCIONISTAS	170.360.158	264.710.268
2385 RETENCION EN LA FUENTE	7.715.571	12.248.123
2387 IMPUESTO A LAS VENTAS RETENIDO	1.772.963	1.398.280
2370 RETENCIONES Y APORTES OE NOMINA	8.482.278	8.489.778
2380 ACREEDORES VARIOS	0	382.410
<b>24 IMPUESTOS, GRAVAMENES Y TASAS</b>	<b>156.413.524</b>	<b>85.128.000</b>
2404 DE RENTA Y COMPLEMENTARIOS	125.015.687	0
2408 IMPUESTO A LAS VENTAS POR PAGAR	31.397.837	85.128.000
<b>25 OBLIGACIONES LABORALES</b>	<b>39.291.584</b>	<b>37.314.080</b>
2510 CESANTIAS CONSOLIDADAS	27.418.815	21.135.065
2515 INTERESES SOBRE CESANTIAS	3.294.152	2.536.208
2525 VACACIONES CONSOLIDADAS	8.578.817	13.642.807
<b>26 PASIVOS ESTIMADOS Y PROVISIONES</b>		<b>0</b>
2610 PARA OBLIGACIONES LABORALES	0	0
PASIVO NO CORRIENTE	142.744.264	143.494.370
<b>28 OTROS PASIVOS</b>	<b>142.744.264</b>	<b>143.494.370</b>
2805 ANTICIPOS Y AVANCES RECIBIDOS	142.744.284	109.382.984
2895 DIVERSOS	0	34.111.386
<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>624.999.355</b>	<b>731.597.086</b>
<b>PATRIMONIO</b>	<b>949.555.389</b>	<b>879.130.654</b>
<b>31 CAPITAL SOCIAL</b>	<b>100.000.000</b>	<b>100.000.000</b>
3105 CAPITAL SUSCRITO Y PAGADO	100.000.000	100.000.000
<b>33 RESERVAS</b>	<b>108.511.780</b>	<b>108.511.780</b>
3305 RESERVAS OBLIGATORIAS	40.574.971	40.574.971
3315 RESERVAS OCASIONALES	87.936.809	87.936.809
<b>36 RESULTADOS DEL EJERCICIO</b>	<b>242.677.509</b>	<b>382.999.179</b>
3605 UTILIDAD DEL EJERCICIO	242.677,51	382.999,18
<b>37 RESULTADOS DE EJERCICIOS ANTERIORES</b>	<b>498.366.100</b>	<b>287.619.695</b>
3705 UTILIDADES O EXCEDENTES ACUMULADOS	498.366.100	287.619.695
<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	<b>949.555.389</b>	<b>879.130.654</b>
<b>TOTAL PASIVO Y PATR.</b>	<b>1.574.554.744</b>	<b>1.610.727.740</b>

  
 JUAN CAMILO ESCOBAR DUQUE  
 Representante legal  
 C.C. N°

  
 CÉSAR AUGUSTO GARCÍA MONSALVE  
 Revisor Fiscal  
 TP. N° 52126 - T

## Bibliografía

- Altonji, J. G., & Matzkin, R. L. (2005). Cross Section and Panel Data Estimators for Nonseparable Models with Endogenous Regressors. *Econometrica*, 73, 1053–1102. <https://doi.org/10.2307/3598815>
- Betzuen Zalbidegoitia, A., & Barañano Abasolo, A. (2011). Simulación estocástica en la determinación del valor en riesgo de los activos financieros. *Análisis Financiero*, 117, 50–57.
- Cardona Gómez, Jairo Hernando. 2016. *Gerencia del valor*. edited by U. Autónoma Latinoamericana - UNAULA. Medellín: Ediciones UNAULA.
- Carranza Bravo, P. (2010). Introducción a las técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la gestión financiera. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural Y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 4(4), 8–15.
- Castillo Medina, G. L., Pérez García, Y. E., & Orellana Martínez, M. E. (2011). *Diseño de un modelo de simulación financiera como herramienta para la toma de decisiones en la gran empresa dedicada a la industria de la planificación en el área metropolitana de San Salvador. Caso ilustrativo*.
- Clerc, M. (2006). *Particle swarm optimization*. ISTE.
- Coello, C. A., & Santana Quintero, L. V. (2006). Una introducción a la Computación Evolutiva y alguna de sus aplicaciones en Economía y Finanzas. *Revista de Métodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa*, 2, 3–26(24). Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/doi/1886516x/2006/00000002/00000001/art00001>
- Cogollo, M. R., Velásquez, J. D., & Jaramillo, P. (2013). Estimación de los parámetros del modelo no lineal de promedios móviles usando la metaheurística de-pso. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12204(22), 147–155. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v12n22/v12n22a14.pdf>
- Concha Medina, E., & Tello Ureta, L. (2013). *Optimización de la aplicación del análisis, interpretación y reexpresión de los Estados Financieros de la empresa textil Alfa*

- Andina S.A.C. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Consejo de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB). (2009). *La Norma Internacional de Información Financiera para Pequeñas y Medianas Entidades*. London: United Kingdom.
- Correa García, J. A., Ramírez Bedoya, L. J., & Castaño Ríos, C. E. (2010). La importancia de la planeación financiera en la elaboración de los planes de negocios y su impacto en el desarrollo empresarial. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación Y Reflexión*, XVIII(1), 179–194.
- Fernández Guadaño, J. (2009). La participación financiera de los trabajadores en las empresas diferencias económicas de las empresas clasificadas según la estructura de la propiedad del capita. *CIRIEC - España. Revista de Economía Pública, Social Y Cooperativa, ISSN 0213-8093, N.º. 64, 2009 (Ejemplar Dedicado a: Desarrollo Local Y Emprendimiento de La Economía Social)*, Págs. 151-168, (64), 151–168.  
Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3104081>
- Francisco, L., Díaz, R., Orlando, C., & Penagos, P. (2012). Herramientas predictivas en política financiera para empresas rentables: ¿realidad o espejismo?, 53(31).  
Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4795/479548634010.pdf>
- Fierro Martínez, A. M. (2015). *Contabilidad generral Con enfoque NIIF para pymes*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- García Echevarría, S. (1973). Política financiera de la empresa. *ESIC-MARKET*.  
Retrieved from <https://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/6367/política+financiera+de+la+empresa.pdf?sequence=1>
- García Monsalve, J. (2013). *Matemáticas financieras*. (U. Autonoma Latinoamericana - UNAULA, Ed.). Medellín: Ediciones UNAULA. Retrieved from <https://www.linio.com.co/p/matema-ticas-financieras-jaime-garci-a-monsalve-n1xxoc>
- García Serna, O. L. (1999). *Administración financiera : fundamentos y aplicaciones*. Prensa Moderna Impresores.
- García, S. O. (2009). *Valoración de empresas - Gerencia del valor*. Cali: Oscar León García.
- González-Pérez, J. E., & García-Gómez, D. F. (2017). Diseño de relajadores de campo eléctrico usando optimización por enjambre de partículas y el método de elementos finitos. *Tecno Lógicas*, 38(20), 123–7799. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/3442/344249897003.pdf>

- Granada Rodríguez, L. E., & Correa Velásquez, L. E. (2010, July). *Propuesta metodológica de valoración de empresas bajo el modelo de flujos de caja descontados, viabilidad financiera aplicada a la ESE BelloSalud*. Universidad CES.
- Hernández, G. (2012). *Proyección financiera para el cálculo del desempeño global. Caso: Vimar de Venezuela*. Universidad Nueva Esparta. Retrieved from <http://miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/1227/1/TG4708.pdf>
- Hvass Pedersen, M. E. (2010). *Good Parameters for Particle Swarm Optimization*.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard - Measures That Drive Performance. *Harvard Business Review*, 71–79.
- Kennedy, J. (1997). The particle swarm: social adaptation of knowledge. In *Proceedings of 1997 IEEE International Conference on Evolutionary Computation (ICEC '97)* (pp. 303–308). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEC.1997.592326>
- Lazzari, L. L., Mouliá, P. I., & Eriz, M. (2008). Cuadernos del CIMBAGE. *Cuadernos Del CIMBAGE*, (10), 17–46.
- Liu, X., Margaritis, D., & Wang, P. (2012). Stock market volatility and equity returns: Evidence from a two-state Markov-switching model with regressors. *Journal of Empirical Finance*, 19(4), 483–496. <https://doi.org/10.1016/J.JEMPFIN.2012.04.011>
- Martínez Gonzalo, J. M. (2016). *Modelo de gestión financiera basado en la optimización de las necesidades operativas de fondos: el caso de las empresas farmacéuticas en España*. Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/78502650.pdf>
- Miranda, V., Keko, H., & Duque, Á. (2008). Stochastic Star Communication Topology in Evolutionary Particle Swarms (EPSO). *International Journal of Computational Intelligence Research*, 4(2), 105.
- Muñoz, M. A., López, J. A., & Caicedo, E. F. (2008). Inteligencia de enjambres: sociedades para la solución de problemas (una revisión) Swarm intelligence: problem-solving societies (a review). *Revista Ingeniería E Investigación*, 28(2), 119–130.
- Perron, P., & Yamamoto, Y. (2012). Using OLS to Estimate and Test for Structural Changes in Models with Endogenous Regressors. *Journal of Applied Econometrics*, 119–144. Retrieved from <http://people.bu.edu/perron/papers/ols-iv.pdf>
- Poli, R. (2008). Analysis of the Publications on the Applications of Particle Swarm Optimisation. *Journal of Artificial Evolution and Applications*, 2008, 1–10.

<https://doi.org/10.1155/2008/685175>

Rojo Ramírez, A. A., & García Pérez de Lema, D. (2006). La Valoración de Empresas en España: un estudio empírico. *Revista Española de Financiación Y Contabilidad*, 913–934.

Sánchez, C., De Llano Monelos, P., & López, M. (2013). ¿Proporciona la auditoría evidencias para detectar y evaluar tensiones financieras latentes? Un diagnóstico comparativo mediante técnicas econométricas e inteligencia artificial. *Revista Europea de Dirección Y Economía de La Empresa*, 22(3), 115–130.

<https://doi.org/10.1016/J.REDEE.2012.10.001>

Serrano Cinca, C., & Gallizo Larraz, J. L. (2011). Las redes neuronales artificiales en el tratamiento de la información financiera.

Shi, Y., & Eberhart, R. (1998). A modified particle swarm optimizer. In *IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence (Cat. No.98TH8360)* (pp. 69–73). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ICEC.1998.699146>

Simon i Boada, F. (2010). Aplicación de los SIG en la gestión económica y financiera de las corporaciones.

Sosa Sierra, M. del C. (2007). Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial.

*Revista Científica Pensamiento Y Gestión*, (23), 153–186. Retrieved from

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/3518/2252>

Terceño, A., Vigier, H., & Scherger, V. (2014). Identificación de las causas en el diagnóstico empresarial mediante relaciones Fuzzy y el BSC. *Actualidad Contable FACES*, 17(28), 101–118.

Torres, M., & Barán, B. (2015). Optimización de Enjambre de Partículas para Problemas de Muchos Objetivos. In *2015 XLI Latin American Computing Conference (CLEI)*.

Retrieved from <http://eventos.spc.org.pe/clei2015/pdfs/142608.pdf>

Van Den Bergh, F. (2001). *An Analysis of Particle Swarm Optimizers*. University of Pretoria etd.

Wilke, D. N., Kok, S., & Groenwold, A. A. (2007). Comparison of linear and classical velocity update rules in particle swarm optimization: notes on diversity. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 70(8), 962–984.

<https://doi.org/10.1002/nme.1867>



- Zhi-Hui Zhan, Z.-H., Jun Zhang, J., Yun Li, Y., & Chung, H. S.-H. (2009). Adaptive Particle Swarm Optimization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 39(6), 1362–1381.  
<https://doi.org/10.1109/TSMCB.2009.2015956>