

Los sistemas económicos en el mundo se encuentran en una constante evolución y operando en una economía abierta, en la que las organizaciones que participan en ellos deben ser eficientes y eficaces para poder ser competitivas y satisfacer plenamente las necesidades de los consumidores con quienes están relacionadas, así como generan empleo, riqueza y bienestar social.

Para ello se demanda un diseño y una operación óptima de la empresa en cuanto a: organización, planeación de la producción, planeación estratégica integral, en el manejo contable y financiero, así como sus sistemas logísticos y de distribución de productos y/o servicios. Por lo que es de fundamental importancia el uso de prácticas administrativas y estrategias de alto impacto. En el presente libro se incorporan metodologías de optimización en la certeza e incertidumbre desde la perspectiva de la teoría clásica e incorporación de la lógica difusa para el tratamiento de problemas totales y de alto impacto que se dan en la empresa moderna, relacionados con la localización óptima, la determinación de capacidad instalada (tamaño), los sistemas de transporte, producción-inventario, recursos humanos, la evaluación de inversiones, y la teoría de los efectos olvidados.

Este estudio monográfico, que combina el análisis teórico con la práctica empresarial, tiene por principales destinatarios a los profesionales del mundo de la empresa, así como a los investigadores y profesorado universitario vinculado con los estudios y análisis de perfil económico.



UTILICE EL LECTOR DE QR CODE DE SU TELÉFONO Y CONOZCA OTROS TÍTULOS

Cubierta: Stefany L. Marques

Imagen de la Cubierta: FRITH, William Powell. Breve historia del título - comercio de bolsillo - 1909

DIRECTOR  
**David Vallespín Pérez**

COORDINADORA  
**Anna Gil Lafuente**

**COLECCIÓN ECONOMÍA Y EMPRESA**

**M. BEATRIZ FLORES ROMERO  
FEDERICO GONZÁLEZ SANTOYO  
ANNA MARÍA GIL LAFUENTE**

# **ESTRATEGIAS Y MODELOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA INCERTIDUMBRE**



**JURUÁ**  
EDITORIAL

**M. BEATRIZ FLORES ROMERO**

Profesora e Investigadora Titular "A" Tiempo Completo de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-México. Dra. en Ciencias Administrativas. betyf@umich.mx

**FEDERICO GONZÁLEZ SANTOYO**

Rector del Instituto Iberoamericano de Desarrollo Empresarial – INIDEM- Profesor e Investigador Titular "C" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Doctor en Ingeniería (Investigación de Operaciones). fegosa@inidem.edu.mx

**ANNA MARÍA GIL LAFUENTE**

Catedrática de Universidad de Economía Financiera y Contabilidad en la Universidad de Barcelona. Ha publicado más de 150 artículos en revistas indexadas, la mayoría en el JCR de la WoS y una treintena de libros, muchos de los cuales en editoriales de prestigio como Springer y World Scientific. Es investigadora principal de proyectos internacionales europeos e iberoamericanos. Es Académica de número de la Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, perteneciente al Instituto de España, y directora de su Observatorio de Economía Internacional, cuya presidencia recae en el premio nobel Finn E. Kydland.

**COLECCIÓN ECONOMÍA Y EMPRESA**

Director: David Vallespín Pérez

Coordinadora: Anna Gil Lafuente

**ESTRATEGIAS Y MODELOS  
PARA LA TOMA DE  
DECISIONES EN LA  
INCERTIDUMBRE**

---

Visite nuestra página web  
[www.editorialjurua.com](http://www.editorialjurua.com)  
e-mail: [internacional@jurua.net](mailto:internacional@jurua.net)

---

**M. Beatriz Flores Romero**  
**Federico González Santoyo**  
**Anna María Gil Lafuente**

La presente obra ha sido aprobada por el Conselho Editorial Científico de Editorial Juruá, adoptándose el sistema *blind view* (evaluación a ciegas). La evaluación innominada garantiza la exención e imparcialidad del cuerpo de juzgadores y la autonomía del Conselho Editorial, según las exigencias de las agencias e instituciones de evaluación, certificando la excelencia del material que publicamos y presentamos a la sociedad.

**JURUÁ**  
EDITORIAL

**Europa** – Rua General Torres, 1.220 – Lojas 15 e 16 – Tel: +351 223 710 600  
Centro Comercial D'Ouro – 4400-096 – Vila Nova de Gaia/Porto – Portugal

**Brasil** – Av. Munhoz da Rocha, 143 – Juvevê – Tel: +55 (41) 4009-3900  
Fax: (41) 3252-1311 – CEP: 80.030-475 – Curitiba – Paraná – Brasil

**ISBN: 978-989-712-598-0**

**Depósito Legal: 456811/19**

**Editores:** Luiz Augusto de Oliveira Junior  
Francine Marie Carvalho de Oliveira

---

FLORES ROMERO, M. Beatriz, 1964- , e outros

Estrategias y modelos para la toma de decisiones en la incertidumbre /  
M. Beatriz Flores Romero, Federico González Santoyo, Anna María  
Gil Lafuente. – (Economía y empresa)  
ISBN 978-989-712-598-0

I – González Santoyo, Federico, 1956-  
II – Gil Lafuente, Anna María, 1967-

CDU 005

---

# ESTRATEGIAS Y MODELOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA INCERTIDUMBRE

Porto  
Editorial Juruá  
2019

## **CONSEJO EDITORIAL:**

**David Vallespín Pérez**

Catedrático de Derecho Procesal  
Universitat de Barcelona

**Joan Josep Queralt Jiménez**

Catedrático de Derecho Penal  
Universitat de Barcelona

**José María Tovillas**

Profesor Titular de Derecho Financiero  
Universitat de Barcelona

**Cristina Roy Pérez**

Profesora de Derecho Mercantil  
Universitat de Barcelona

**Argelia Queralt Jiménez**

Profesora de Derecho Constitucional  
Universitat de Barcelona

**Elena Palomares Balaguer**

Profesora de Derecho Civil  
Universitat de Barcelona

## PRESENTACIÓN DE LA COLECCIÓN ECONOMÍA Y EMPRESA

*Tras el éxito cosechado con la publicación de las colecciones de Derecho Procesal Civil, Derecho Procesal Penal, Derecho Mercantil, Derecho Penal y Derecho Constitucional, la prestigiosa Editorial Juruá nos ha encargado la puesta en funcionamiento de una nueva colección relacionada, en este caso, con el ámbito de la Economía y Empresa. Dicha colección está integrada por un amplio elenco de monografías que, desde una perspectiva teórico-práctica, analizan muy variadas instituciones y problemáticas que son propias, en una sociedad globalizada, masificada y presidida por los constantes avances científicos y tecnológicos, de la actividad empresarial.*

*Esta colección de monografías de Economía y Empresa, que tengo el honor de dirigir, bajo la coordinación de la Dra. Anna María Gil, Catedrática de Empresa de la Universitat de Barcelona, constituye una colección en la que participa un notable elenco de profesores universitarios y prestigiosos profesionales del sector económico y financiero. Su objetivo no es otro que facilitar a los profesionales, así como a los docentes e investigadores, el acceso a una serie de estudios seleccionados por su especial temática y que están llamados a influir, decisivamente, en la regulación de un mercado cambiante y sometido a innumerables variables y condicionamientos.*

*El resultado final es una selección elaborada y cuidada que recoge las principales tendencias, actuales y de futuro, que son propias de la Economía y la Empresa, todo lo cual permite, para los profesionales de este ámbito, una indispensable actualización en esta compleja área, fundamental para el ejercicio de la libertad de empresa y la libre competencia, pero en la que, en paralelo, también cabe prestar atención a la posición y respeto que corresponden a los usuarios y consumidores (clientes).*

*Barcelona, 25 de febrero de 2019*

***Prof. Dr. David Vallespín Pérez***

*Catedrático de Derecho Procesal de la Universitat de Barcelona – Director Científico de la Colección de Economía y Empresa de la Ed. Juruá*

***Prof. Dra. Anna Gil Lafuente***

*Catedrática de Empresa de la Universitat de Barcelona – Coordinadora Científica de la Colección de Economía y Empresa de la Ed. Juruá.*

## PRÓLOGO

---

*Actualmente los sistemas económicos en el mundo, se encuentran en una constante evolución y operando en una economía abierta, en la que las organizaciones que participan en ellos deben ser altamente eficientes y eficaces para poder ser competitivas y satisfacer plenamente las necesidades de los consumidores con quienes están relacionadas, de igual forma contribuir con la generación de empleo, riqueza y bienestar social.*

*Para ello se demanda, de un diseño y operación óptimo de la empresa en organización, planeación de la producción, planeación estratégica integral, en el manejo contable y financiero, así como sus sistemas logísticos y de distribución de productos y/o servicios. Por lo que es de fundamental importancia el uso de prácticas administrativas y estrategias de alto impacto como las usadas en el análisis de casos presentadas en el presente libro.*

*El proceso de toma de decisiones existentes en la empresa está fuertemente apoyado en las etapas de previsión, planeación, organización, integración, dirección y control, las que trabajando de forma coordinada y haciendo uso de las herramientas adecuadas proporciona resultados eficientes y eficaces que le permitan a la empresa crecer y posicionarse como de clase mundial.*

*En este proceso los elementos clave para su operación están apoyados en el análisis situacional de la empresa, haciendo diagnóstico, así como un análisis de causa-efecto, lo que lleva a tener una aproximación adecuada a la definición del problema, esto evitara en la práctica atender síntomas más que el problema que se tenga. A partir de esta fase, se da paso a la definición precisa del problema incorporándole la formulación de hipótesis, objetivos, así como las variable(s) dependiente(s) e independientes que tendrán relación en el proceso de solución. La siguiente fase será la de establecimiento de un modelo formal para la solución del problema, para ello las orientaciones teóricas a tomar en cuenta serán adoptadas dependiendo de si tendrá un enfoque cualitativo o bien cuantitativo, una vez definido y modelado el problema y seleccionado el método (s) de solución se podrá aplicarlos y*

obtener de esta forma soluciones óptimas, y confiables a los problemas que se intervenga.

Este libro está orientado a proporcionar las bases para resolver problemas actuales relacionados con áreas torales en la empresa, en él se tratan análisis en la certeza e incertidumbre relacionados con temas como la localización, el tamaño, sistemas de transporte, teoría de inventarios, planeación y calendarización de la producción, problemas de asignación de recursos escasos, selección de los recursos humanos, carteras de inversión, evaluación económica de inversiones y la aplicación de la teoría de los efectos olvidados, esto para hacer y orientar una toma de decisiones más eficiente y eficaz en ambientes inciertos.

El libro está orientado a que sea un trabajo de apoyo para el análisis y toma de decisiones por empresarios, académicos de las áreas de ingeniería, económicas y empresariales, tanto de licenciatura como de posgrado.

Se desea hacer un profundo agradecimiento al Dr. Jaime Gil Aluja, por ser pilar y la luz orientadora en el desarrollo del contenido del presente, así como ejemplo de generosidad y trabajo inspirador para esta y nuevas generaciones, así como al apoyo de las Universidades: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México), Instituto Iberoamericano de Desarrollo Empresarial – INIDEM (México), Universidad de Barcelona (España).

Febrero de 2019

**Dra. M. Beatriz Flores Romero**  
**Dr. Federico González Santoyo**  
**Dra. Ana María Gil Lafuente**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Localización de la Empresa.....</b>	<b>13</b>
1.1	Introducción .....	13
1.2	Localización empresarial .....	14
1.3	Método del centro de gravedad.....	17
1.4	Método de transporte .....	20
1.5	Análisis de caso.....	22
1.6	Caso clásico del modelo de transporte .....	26
<b>2</b>	<b>Determinación del Tamaño de las Empresas en la Certeza e Incertidumbre .....</b>	<b>33</b>
2.1	Introducción .....	33
2.2	Metodología de cálculo de tamaño mínimo económico.....	36
2.3	Análisis de caso con información bien comportada.....	37
2.4	Análisis en la incertidumbre.....	40
<b>3</b>	<b>El Sistema de Transporte en la Empresa .....</b>	<b>47</b>
3.1	Definición del modelo.....	47
3.2	Etapas de solución del modelo de transporte .....	50
3.3	Método de la esquina noreste.....	51
3.4	Método del costo mínimo .....	53
3.5	Método de la aproximación de Vogel .....	55
3.6	Método del banquillo .....	58
3.7	Método de los multiplicadores.....	63
<b>4</b>	<b>El Inventario Óptimo en la Incertidumbre como Estrategia para el Posicionamiento Empresarial.....</b>	<b>69</b>
4.1	Los costos en el inventario.....	71
4.2	Comportamiento de la demanda.....	73
4.3	Tamaño del lote económico (EOQ) clásico .....	73
4.4	Caso de análisis.....	77
4.5	Tamaño de lote económico (EOQ) fuzzy.....	80
<b>5</b>	<b>Aplicaciones en la Empresa.....</b>	<b>89</b>
5.1	Modelado de un sistema de producción .....	89

5.2	Optimización en la producción agrícola.....	100
5.3	Aplicación de la teoría de decisiones .....	106
<b>6</b>	<b>Modelo de Asignación .....</b>	<b>119</b>
6.1	Método Húngaro .....	121
6.2	Problemas propuestos.....	130
<b>7</b>	<b>La Teoría de la Incertidumbre en la Selección Óptima de Recursos Humanos en la Empresa .....</b>	<b>133</b>
7.1	Características de los recursos humanos .....	133
7.2	Caracterización teórica en la incertidumbre de la selección de los recursos humanos .....	137
7.3	Caso de estudio .....	146
7.4	Resultados y conclusiones.....	153
<b>8</b>	<b>La Producción y su Impacto en la Rentabilidad en los Sistemas de Producción.....</b>	<b>157</b>
8.1	Técnicas de evaluación de inversiones ante información esperada perfecta.....	157
8.2	Propuesta de evaluación del riesgo financiero .....	178
<b>9</b>	<b>Estrategias para la Selección Óptima de Carteras de Inversión Usando el Modelo de la Mochila .....</b>	<b>195</b>
9.1	Introducción .....	195
9.2	Modelos de la mochila (KNAPSACK) .....	196
9.3	Programa desarrollado .....	200
9.4	Análisis de casos .....	202
9.5	Conclusiones .....	204
<b>10</b>	<b>Factores que Inciden en el Desempeño de las MIPYMES en Michoacán, México: un Enfoque de la Teoría de los Efectos Olvidados .....</b>	<b>207</b>
10.1	Introducción .....	207
10.2	Descripción de la metodología .....	208
10.3	Aplicación a las MIPYMES michoacanas .....	218
10.4	Discusión de los resultados .....	228
10.5	Conclusiones .....	232
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>233</b>
	<b>Índice Remisivo.....</b>	<b>239</b>

## LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA

En este apartado se hacen extensiones haciendo uso de la teoría de la incertidumbre a la metodología del Centro de Gravedad, así como al Modelo de Transporte para hacer una localización de empresa eficiente y eficaz, tal que se recomiende el sitio exacto para su ubicación que garantice ser más competitiva en los mercados globales, apoyados en su localización como estrategia.

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En las empresas tanto públicas como privadas, productoras de bienes de consumo final, intermedios o de capital, de igual forma para las que ofrecen servicios, la determinación del sitio en el que deban ser instaladas, es un elemento estratégico para su desarrollo. De acuerdo con González S.F. (1985). La localización de una empresa (planta) es representada por el sitio (unidad de área geográfica -  $A_i$ ) en el que desarrollará sus actividades de producción o ofrecimiento de servicios, así como sus transacciones comerciales, tal que garantice el mayor nivel de rentabilidad financiera y una aceptación social plena.

Esto es fundamental ya que las organizaciones actuales presentan grandes cambios en el entorno. Para Castro García et al. (2010), el mercado es muy competitivo, y la globalización hoy día es una realidad. Esto implica un alto nivel de competencia de todas las empresas del mundo por un mercado que es global. Lo que provoca que sea de fundamental importancia operar las mismas, considerando como base la existencia de un Plan Estratégico de Desarrollo de largo plazo. Un factor fundamental en el desarrollo empresarial lo representa la localización eficiente y eficaz de las empresas.

González S.F. (2000). Considera que al tomar esta idea de planeación operativa, se hace necesario que se deban considerar las condiciones actuales de ( $A_i; i=1,2,\dots,n$ ), así como las del entorno.

En la teoría de localización de empresas existe una infinidad de métodos, en el presente trabajo se presentan y aplican con extensiones teóricas y de apreciación propuestas por los autores los métodos: Método del Centro de Gravedad (MCG) y el Modelo de Transporte (MT).

## 1.2 LOCALIZACIÓN EMPRESARIAL

En la localización óptima de una empresa, se busca maximizar el nivel de rentabilidad financiera, haciendo uso de una localización estratégica de la empresa, en una unidad de área ( $A_i$ ) de interés, que puede ser una primera aproximación ubicada a nivel local, regional, nacional e internacional, hasta llegar al punto exacto de la ubicación.

La localización de la empresa se lleva a cabo en una primera etapa a nivel Macrolocalización, implicando esta etapa la definición de una unidad de área ( $A_i$ ) a nivel, local, regional, nacional e incluso internacional y a partir de cualquiera de estos referenciales se buscará en una segunda etapa determinar el lugar exacto en el que se instalará la nueva empresa.

Para ello es recomendable y necesario tomar en consideración factores como: (a).- ubicación del mercado potencial de consumo, (b).- ubicación de dónde se encuentran las fuentes de materia prima e insumos.

Tanto para (a,b) es recomendable se encuentren lo más cercanos que sea posible al nivel Macrolocalización definido, ya que se encuentran estrechamente ligadas con los costos de producción, los que de acuerdo con la selección del mejor sitio para instalar la empresa, se pueden optimizar en la adquisición de las materias primas, procesamiento, transporte de los productos terminados a los mercados de consumo.

En el proceso es común encontrar los costos *básicos*, estos son representados por el costo mínimo que debe pagarse en cualquier lugar por la adquisición de los diversos insumos, materia prima; o sea el costo de la fuente más barata existente en el medio local seleccionado como nivel macro para la localización de la empresa.

De igual forma existen los costos denominados *locacionales*, estos son representados por el costo adicional por la distancia existente entre el lugar de localización seleccionado y la fuente más barata para la adquisición de materias primas e insumos, así como los costos de transporte y comercialización.

La **MACROLOCALIZACIÓN**. Esta representa una descripción del área seleccionada para la ubicación de la empresa, es recomendable tomar en consideración para el caso:

- Cuando existe solamente un área de mercado de consumo y una sola fuente de materias primas, para este caso el problema de localización solamente implica tratar dos alternativas y seleccionar la de costo mínimo que deje satisfechos estos factores.
- Cuando la industria utiliza materias primas de diferentes procedencias y fabrica diferentes productos, existe la tendencia a buscar un punto intermedio entre estos factores para hacer la localización de la empresa.

Es necesario en el análisis de localización a nivel macro tomar en consideración los aspectos siguientes: geográficos, socioeconómicos y culturales, infraestructura, aspectos institucionales, de financiamiento, entre otros.

Una vez definida el área geográfica como marco de referencia localizacional, se procede a establecer una extensión territorial más pequeña dentro del marco de referencia establecido en la parte inicial de este proceso. González S. F. et al. (2011), establece que en esta etapa se hacen descripciones que deberán incluir como mínimo los siguientes elementos.

- Límites territoriales y de colindancia, orografía, clima, vegetación, población, servicios, educación, caracterización y especialización de la mano de obra, medios de transporte e infraestructura, políticas de gobierno en la zona, etc.

Entre los métodos más usuales para esta etapa de análisis se tienen las técnicas de asociación aparente, método de la telaraña.

Para la **MICROLOCALIZACIÓN**. Una vez definido el nivel de Macrolocalización, se realiza un estudio a nivel de detalles de las diferentes alternativas de terrenos que tienen las características deseadas y en los que es posible instalar la empresa. Entonces la Microlocalización define el lugar exacto donde se instalará la empresa.

El análisis y selección se lleva a cabo en tres etapas en las que se considera.

**Etapas 1.** Implica la determinación de todos los factores mínimos necesarios con los que debe cumplir el terreno(s) de interés los recomendables como mínimo a definir son:

- Área disponible necesaria, de acuerdo a las necesidades actuales, y futuras ampliaciones previstas.

- Se debe tomar una topografía uniforme y con una pendiente inferior a 4%.
- Contar con una elevación suficiente para detener posibles inundaciones en las áreas de proceso, almacenes de materias primas e insumos y producto terminado.
- Tener facilidad de acceso a una(s) vía(s) importantes(s)-caminos.
- Abastecimiento continuo y suficiente de agua, de acuerdo con las necesidades requeridas.
- Abastecimiento de Energía Eléctrica necesario y suficiente.
- Que se encuentre lo más cercano que sea posible a los centros urbanos más importantes de la región en que se pretende instalar la empresa.
- Que presente facilidad para el tratamiento y desagüe de aguas residuales.
- Etc.

**Etapla 2.** Para esta etapa se recomienda considerar los elementos citados, haciendo un estudio individual por terreno de interés y seleccionado como posible alternativa para localizar la empresa, es necesario partir de los estudios y análisis hechos en la Etapa 1., los elementos básicos recomendados a considerar son:

- Abastecimiento de agua con la calidad y volumen continuo requerido.
- Abastecimiento de Energía Eléctrica.
- Facilidades de acceso (distancias a vías de comunicación más importantes).
- Disponibilidad de mano de obra calificada.
- Costos de terreno ( $m^2$ ) en la región (área).

**Etapla 3.** Los criterios más usados en este apartado son los siguientes:

- Asignación de puntuación (ponderación) a cada concepto – factor básico locacional  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ , para el caso se constituye un panel de expertos, los que una vez de valorar las diferentes opciones de terrenos disponibles, podrán hacer la recomendación del terreno mejor posicionado para instalar la empresa.
- Evaluación del nivel de inversión requerido en cada terreno seleccionado, tal que la decisión de selección de terreno esté orientado al de menor inversión y que cumpla en un mayor nivel al conjunto de  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ .

Para la determinación del terreno específico en el que se ubicará la empresa se requiere el mayor nivel de satisfacción y cumplimiento de  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ , para ello es necesario cumplir como mínimo con los siguientes elementos:

- Materias primas, energía eléctrica, agua, infraestructura, telecomunicaciones, zonas industriales, incentivos fiscales, estudios de aceptación de la comunidad, estudios de aceptación y justificación ecológica y medio ambiental, insumos, mano de obra, etc.

La incorporación de más o menos  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$  dependerá del tipo de empresa y actividad que desempeñe. Por ejemplo. Agrícolas, pesqueras, forestales, mineras, etc.

De acuerdo con Weber (1929), en la teoría de localización se considera la existencia de dos tipos de industrias, las orientadas a las materias primas y las orientadas a la demanda final. Las primeras se concentrarán en unos puntos concretos, con independencia de dónde se encuentren los principales núcleos de población, mientras que las de segundo tipo tenderán a localizarse en las principales ciudades en las que exista una mayor concentración de población.

En el presente trabajo para el análisis propuesto de localización de empresas, se hará uso del Método del Centro de Gravedad y el Método de Transporte. Su descripción es:

### 1.3 MÉTODO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

De acuerdo a Machuca D. J. (1994), este método es usado frecuentemente para analizar el costo de transporte como un factor fundamental de localización, esto tomando en consideración puntos de origen, de los cuales se reciben productos o materiales, y estos a su vez los envían a otras ubicaciones de destino. Con este enfoque el problema a resolver es encontrar una localización central que minimice el costo total de transporte. Para el uso de este enfoque en el método se supone un costo proporcional a la distancia recorrida y al volumen o peso de los materiales transportados hacia o desde la empresa.

Por lo que el costo total de transporte será:

$$CTT = \sum_{i=1}^n C_i V_i D_i$$

Dónde:

CTT = costo total de transporte.

$C_i$  = costo unitario de transporte correspondiente al punto (i).

$V_i$  = volumen o peso de los materiales transportados desde o hacia (i).

$D_i$  = distancia entre el punto (i) y el lugar donde se encuentra la planta.

El cálculo del costo total de transporte requiere de la estimación de las cantidades a transportar a cada punto y la instalación en un período determinado.

$C_i V_i$  = peso o importancia en que cada punto (i), tiene en el sitio a considerar.

En este método los autores del presente trabajo consideran si se debe hacer una extensión al mismo para que su aplicación sea más práctica, por lo que se hace la propuesta metodológica en la que deberán considerarse las siguientes etapas de análisis:

1. Definición de un área macro ( $A_i$ ) de interés para la ubicación de la empresa, la misma puede ser a nivel de localidad, región, estado, país.
2. Definir un sistema de referencia (x,y) para 1.
3. Definir el conjunto de  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ .
4. Ubicar 3 en 2.
5. Calcular las coordenadas del centro de gravedad (C.G.) en 2.
6. Fijar un radio de 500 mts., en torno al 5, de no ser prohibitivo el sitio calculado en 5. Este será el sitio óptimo para la localización de la empresa, de lo contrario.
7. Realizar un recorrido físico en 6 y seleccionar cualquier lugar disponible que cumpla con los requerimientos de la empresa en el radio marcado, el cual es adecuado para la localización de la empresa.

Para el cálculo del punto 5, se hace uso de:

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i X_i}{\sum_{i=1}^n CF_i}$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i Y_i}{\sum_{i=1}^n CF_i}$$

Dónde:

$C_x$  = coordenada (x) del (C.G.).

$C_y$  = coordenada (y) del (C.G.)

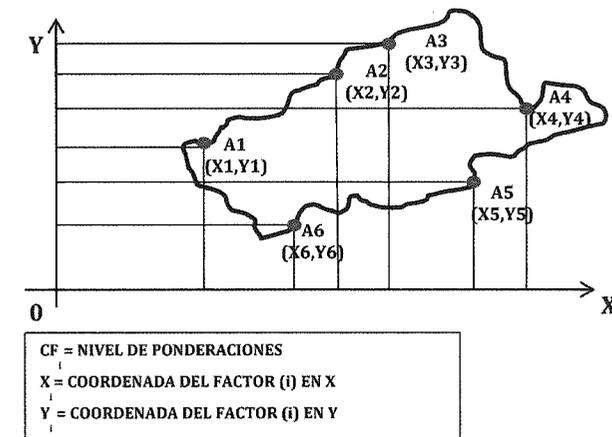
$CF_i$  = nivel de importancia (ponderación) del factor básico locacional (i).

$X_i$  = coordenada en (x) del  $FBL_i$ .

$Y_i$  = coordenada en (y) del  $FBL_i$ .

La operatividad del método de forma gráfica es mostrada en la figura siguiente:

Fig. # 1. Ubicación de los  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$



Fuente: elaboración propia

Los niveles de importancia de ( $FBL_i$ ) son fijados haciendo uso de un panel de expertos, este dependerá del nivel de importancia que tenga en el proceso de producción en el que se trabaja el cual está relacionado con el tipo de empresa a instalar.

Por ejemplo. El agua será uno de los factores con mayor nivel de importancia de los que se tienen en una industria dedicada a la fabricación de tableros contrachapados (triplay), ya que se requiere saturar la troza de madera antes de pasarla al torno, ya que la saturación en agua hace más fácil su maquinado. Entonces en el sitio en el que se instale este tipo de empresa necesarios de este tipo de recurso en los niveles requeridos para su operación en el horizonte de planeación, de lo contrario sería altamente costosa su operación, de igual forma el abastecimiento de energía eléctrica y con un nivel de ponderación los  $FBL_i$  restantes.

#### 1.4 MÉTODO DE TRANSPORTE

La aplicación de este método está basada en el criterio de minimizar el costo asociado al transporte del producto terminal a los diferentes centros de consumo, partiendo del hecho de que los sitios en los que se establecen las posibilidades de diferentes plantas han sido los mejores posibilidades de Microlocalización y de ese conjunto se desea determinar la mejor opción para el caso que se desee localizar solamente una planta.

De acuerdo con González S. F et al. (1985, 2000, 2011), Gil Lafuente J. (2001), Gil Aluja J. (1990), Gil Lafuente A. M. (2001, 2004), Prawda J. (1982), para su tratamiento en la incertidumbre. La propuesta metodológica establecida para el caso es hacer lo siguiente:

1. Expresar el problema del transporte en términos de comportamiento de costos en la incertidumbre.
2. Resolver 1.
3. Expresar la solución de 2, apta para seleccionar la mejor opción para localización de la empresa.

Para resolver el problema de transporte, se hace uso de cualquiera de los métodos que existen en la literatura para tal efecto. El modelo del problema es expresado como:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

s.a.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j; j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i; i = 1, 2, \dots, m$$

$$\forall X_{ij} \geq 0$$

Esto implica que  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ .

Dónde:

$C_{ij}$  = costo asociado por llevar producto en por unidad (p.u) de un origen (i) a un destino (j).

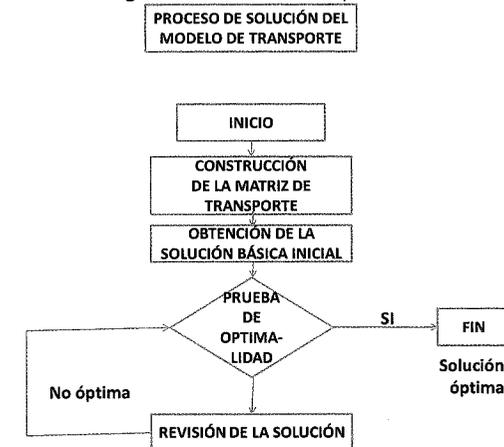
$X_{ij}$  = cantidad de producto a transportar de (i) a (j).

$b_j$  = nivel de demanda potencial en el mercado (j).

$a_i$  = nivel de oferta en el origen (i).

La solución de este problema para el caso clásico es mostrada en:

Fig. 3.2. Modelo de Transporte



Fuente: González S.F. et al. (2011).

Para el caso de localización de una planta, haciendo uso de esta metodología para el punto 3. Se parte de la solución básica inicial u óptima de la etapa 2, dependiendo del caso de interés, la metodología recomendada es:

- Evalúe el nivel de costo en (p.u.) para cada una de las columnas en todas las casillas en que exista asignación del  $X_{ij}$  de la solución de la etapa 2.
- Tomar por columna el costo asociado a cada una de las columnas en las que se tienen asignaciones en la tabla solución, de acuerdo con la ecuación:

$$\text{Min} \left\{ \sum_{j=1}^n C_{ji}; i = 1, 2, \dots, m \right\}$$

En la casilla en que se encuentre el valor más pequeño en suma del costo asociado a las asignaciones, verificar cual es la casilla de costo mínimo e interrelacionarlo con el origen, entonces este punto es definido como la mejor opción para localizar la empresa.

Verifica si este es acorde con el mercado a satisfacer, así como su volumen y con base en esto tomar la decisión de seleccionarlo o ir al siguiente mejor que deje satisfecha esta condición.

## 1.5 ANÁLISIS DE CASO

El problema es un caso hipotético usado para la aplicación de los métodos descritos en el trabajo. Considere que el Corporativo "W", plantea la distribución de la compra de cajas de empaque en las que envasará alimentos básicos en el programa de comercialización 2012 de estos alimentos. Para lo que las fábricas de cajas de empaque se pretenden sean ubicadas en Morelia Michoacán (M), Monterrey Nuevo León (MO) y Guadalajara Jalisco (G). El Corporativo "W" tiene 7 centros de distribución en el País, a partir de los cuales pretende realizar la distribución en todo el territorio nacional. Los mismos son tomados como centroides de cada unidad territorial. La información requerida para el análisis es presentada en las tablas siguientes:

**Tabla # 1. Centros de distribución de caja tipo "β"**

ZONA	UBICACIÓN (ALMACÉN)	DEMANDA (MES)
Noreste (1)	Cd. Obregón (Sonora)	100 000
Noroeste (2)	Monterrey (NL)	75 000
Occidental (3)	Guadalajara (Jal)	200 000
Oriental (4)	Veracruz (Ver)	100 000
Centro (5)	D.F.	125 000
Suroeste (6)	San Cristóbal (Chiapas)	200 000
Sureste (7)	Mérida (Yuc)	50 000

Fuente: Elaboración propia

La capacidad mensual de producción de cajas de empaque estimada para cada empresa es:

**Tabla # 2. Capacidad de Producción de caja tipo "β"**

EMPRESA	Cap. producción (Cajas)
Morelia (MO)	150 000
Guadalajara (G)	300 000
Monterrey (MO)	400 000

Fuente: Elaboración propia

El flete de transporte por ferrocarril en pesos mexicanos (\$) por caja tipo "β", de cada una de las fábricas a los diferentes centros de distribución final es expresada haciendo uso de números borrosos triangulares NBT como:

**Tabla # 3. Costos de transporte usando NBT en (p.u.)**

Fabrica/Zona	1	2	3	4	5	6	7
M	(5,8,10)	(5,6,7)	(3,4,5)	(2,3,4)	(1,2,3)	(2,4,5)	(3,5,6)
G	(3,6,7)	(3,5,8)	(4,7,8)	(3,4,5)	(2,3,4)	(2,5,7)	(4,6,7)
MO	1,3,5)	(1,2,3)	(3,4,6)	(5,7,9)	(3,4,6)	(4,6,7)	(5,7,9)

Fuente: Elaboración propia

Para ejemplificar el proceso se hará uso de la solución básica inicial obtenida usando el método del Costo Mínimo, por ser esta solución eficiente y eficaz por el nivel de costeo y sistema de distribución de producto que proporciona para el Corporativo "W".

La representación del costo es obtenida a través del cálculo del valor medio para cada caso que se trata, es expresado como se muestra:

Tabla # 4. Costo promedio de transporte en (p.u.)

	1	2	3	4	5	6	7	
M	7.66	6	4	3	2	3.66	4.66	150
G	5.33	5.33	6.33	4	3	4.66	5.66	300
Mo	3.33	2	4.33	7	4.33	5.66	7	400
	100	75	200	100	125	200	50	

Fuente: Elaboración propia

La solución para el problema de transporte clásico es:

Tabla # 5. Solución del Problema de Transporte

	1	2	3	4	5	6	7	
M	7.66	6	4	3 (25)	2 (125)	3.66	4.66	150
G	5.33	5.33	6.33	4 (75)	3	4.66 (200)	5.66 (25)	300
Mo	3.33 (100)	2 (75)	4.33 (200)	7	4.33	5.66	7 (25)	400
	100	75	200	100	125	200	50	

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de la mejor localización usando la 2ª Etapa del Método, calculando  $Min. \{C_{ji}\}$  se tiene:

Tabla # 6. Localización de empresa

	1	2	3	4	5	6	7	
M	7.66	6	4	3	2 (25)	3.66 (125)	4.66	150
G	5.33	5.33	6.33	4 (75)	3	4.66 (200)	5.66 (25)	300
Mo	3.33 (100)	2 (75)	4.33 (200)	7	4.33	5.66	7 (25)	400
	100	75	200	100	125	200	50	

Fuente: Elaboración propia

El  $Min. \{C_{ji}\}$ , donde existe asignación es expresado como:

$$Min \{(3.33), (2), (4.33), (3,4), (2), (4.66), (5.66,7)\}$$

Se observa que el  $Min. \{C_{ji}\}$ , es igual a 2, el cual para el caso tiene relación con Morelia y Monterrey.

Es necesario establecer, que la localización óptima tiene una relación directa entre la capacidad instalada y el nivel de demanda potencial, así como el capital disponible a invertir en la instalación de la empresa, si en este concepto no existe limitante y se requiere participar con el mayor nivel de demanda potencial existente en el mercado, entonces el mejor sitio para localizar la empresa es Monterrey (MO), en el caso que se requiera participar en el mercado con un menor nivel de satisfacción de demanda y no se tengan planes a corto y mediano plazo de crecimiento de la futura empresa, el lugar para localizar la empresa sería Morelia (M).

Para el caso del *Centro de Gravedad (CG)*, la extensión para su ubicación para el Corporativo "W", una vez conocido el sitio a nivel (Macro-Micro) Monterrey Nuevo León, apoyados con un panel de expertos, los niveles de importancia o ponderación del  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ , así como la ubicación en el sistema de referencia respectivo serán los siguientes:

Tabla # 7. Conjunto de  $\{FBL_i; i = 1, 2, \dots, n\}$ 

i	FBL	CF <sub>i</sub>	Coordenadas (x,y)
1	Materia prima	0.3	(8,21), (4,3), (7,9), (12,18)
2	Insumos	0.06	(1,3), (18,21), (13,10), (9,8)
3	Energía Eléctrica	0.2	(1,3), (12,9), (7,4), (16,15), (13,12)
4	Agua	0.2	(1,4), (1,3), (16,14), (13,10), (9,8)
5	Recursos (\$)	0.01	(1,4), (9,8), (16,14), (13,12)
6	Mercado	0.02	(9,17), (14,12), (18,21), (17,32)
7	Mano de obra	0.1	(7,18), (4,13), (9,16), (7,3)

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de caso solamente se harán uso de estos factores, haciendo del conocimiento que la importancia e incorporación de otros dependerá del tipo de empresa y la importancia de estos en el proceso de producción que se trate. El nivel de  $CF_i$  estará en  $0 < CF_i \leq 1$ ; 1 cuando se cumplan plenamente las necesidades de cada  $\{FBL_i\}$  requerido.

Haciendo uso de la metodología propuesta del Centro de Gravedad y calculando para el caso el sitio que proporciona para hacer la localización del mismo estará en las coordenadas:

$$GG = \{37.5, 45.44\}$$

De no estar disponible un terreno en estas coordenadas, recomendable hacer un recorrido físico en el radio marcado y el terreno que se tenga disponible y que reúna los requerimientos en  $A_i$  demandados por la empresa en estudio será seleccionado.

## 1.6 CASO CLÁSICO DEL MODELO DE TRANSPORTE

La corporación W, cuenta con 3 plantas productoras de producto X. Hoy día distribuye sus productos en las áreas 1, 2, 3, 4; y los costos asociados por llevar los productos desde las diferentes plantas con que cuenta, a los centros de consumo, son mostrados en la tabla siguiente. Además se incorpora el nivel de producción de cada planta, así como el consumo potencial para el período de análisis.

El objetivo de la corporación es *determinar la política óptima de distribución de producto*.

		DESTINO				
ORIGEN	1	2	3	4	OFERTA	
1	10	0	20	11	15	
2	12	7	9	20	25	
3	0	14	16	18	5	
DEMANDA	5	15	15	10	45 = 45	

La tabla, se construye con el costo asociado en por unidad transportada de un origen (i) a un destino (j); la oferta y la demanda son expresadas en unidades (productos). La tabla de datos iniciales fue tomada de Taha H. (1995).

La solución del problema se da a dos niveles. El primero corresponde a la obtención de la *solución básica inicial* y el segundo a la *obtención óptima*.

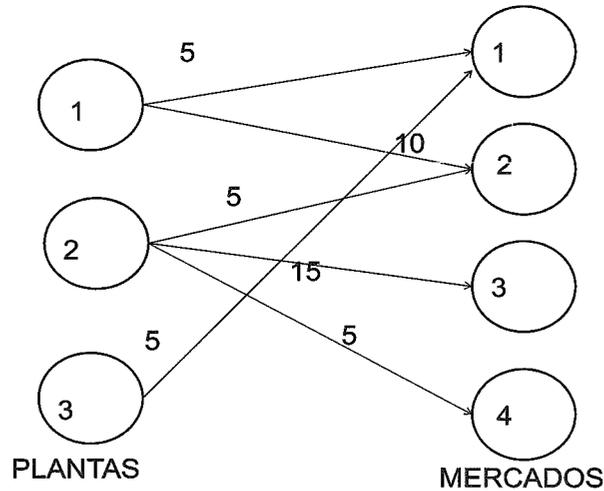
Para la obtención de la solución de la primera etapa se tienen los métodos: costo mínimo, esquina noroeste, aproximación de Vogel; para la obtención de este nivel de solución se usará el de la *esquina noroeste*, obteniéndose los resultados mostrados en la tabla siguiente.

Los valores mostrados en la tabla corresponden a las cantidades de producto que se requiere enviar del origen (i) al destino (j).

ORIGEN	1	2	3	4	OFERTA
DESTINO					
1	5	10	X	X	15
2	X	5	15	5	25
3	X	X	X	5	5
DEMANDA	5	15	15	10	45 = 45

Para el empresario, es de interés tener una representación gráfica adicional que le permita visualizar los niveles de los envíos y la relación existente entre planta - área de mercado, para poder fundamentar su decisión.

La representación gráfica del problema se da en la figura siguiente:



El costo asociado para la distribución de producto de usarse este nivel de la solución sería de:  $Z = 410$  \$.

En este nivel de solución el empresario podrá optar por tomar la estrategia de distribución de producto como adecuada.

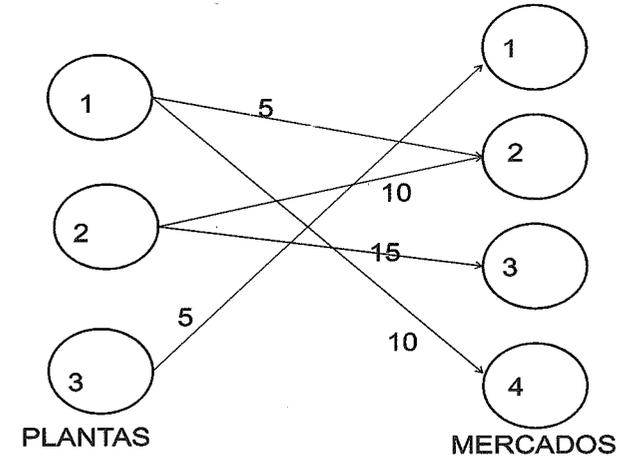
De lo contrario pasará al segundo nivel de solución que será la óptima; para la obtención de la misma, se usará el método del banquillo. Tomando como solución básica inicial la anteriormente descrita, se tiene.

**Tabla 9.4.3.**

ORIGEN	1	2	3	4	OFERTA
DESTINO					
1	X	5	X	10	15
2	X	10	15	X	25
3	5	X	X	X	5
DEMANDA	5	15	15	10	45 = 45

En la tabla anterior se muestran las asignaciones de cantidades de producto que se recomienda enviar de las plantas a los centros de consumo.

La presentación gráfica de la *política óptima de distribución* de productos es la siguiente:



Para el caso el costo de la política óptima de distribución de producto es:  $Z = 315$  \$.

Siempre será recomendable verificar decisiones relacionadas con el presupuesto empleado para hacer la distribución del producto y el nivel de gasto para el caso propuesto por el modelo, como:

$P$  = Presupuesto asignado para la distribución de productos.

$Z$  = Costo de la política recomendada por la solución del modelo.

Por tanto los diferentes niveles de decisión esperados son los mostrados a en la tabla siguiente.

CONCEPTO	ESTADO	DECISIÓN ESPERADA
P vs. Z	$P > Z$	Se acepta política de distribución
P vs. Z	$P = Z$	Incertidumbre en la decisión (*).
P vs. Z	$P < Z$	No se acepta política esperada.

(\*): Dependerá de la potencialidad de crecimiento del mercado que representa la política calculada a través de este modelo.

Ahora bien para el caso de *localización de plantas* a través de este criterio, se tendrán los siguientes casos:

- a) Caso de Multiplantas.
- b) Una sola planta.

- Para el caso de *multiplantas*, si la corporación W tuviera interés en localizar 3 plantas en los lugares que presentan las mejores características, de acuerdo a la metodología planteada, la solución para el caso sería la obtenida en el problema de transporte esto es:

“La política de mínimo costo y mayor eficiencia en la distribución de productos es”.

Z = 315 \$; lo que implica localizar las plantas A, B, C en los lugares (1, 2, 3) que cumplen con la política del problema (para el caso de multiplantas).

- Para el caso de *una sola planta*, a diferencia del caso anterior, la metodología se modifica de la siguiente forma:
- Evalúe el nivel de costo por unidad para cada una de las columnas en todas las casillas en que se tienen asignaciones de  $X_{ij}$ .

Tomar por columna el costo asociado a cada una de las columnas en las que se tienen asignaciones en la tabla solución de acuerdo con la siguiente relación.

$$Min. \left\{ \sum_{j=1}^n C_{ij} \right\}, i = 1, 2, \dots, m$$

En la casilla en que se encontró el valor más pequeño en suma del costo asociado a las asignaciones, verificar cual es la casilla de costo mínimo e interrelacionelo con el origen, entonces este punto es definido como el apto para localizar la planta. Verificar si este es acorde con el mercado a satisfacer y con base a esto, tome la decisión.

Para el caso del ejemplo anterior los puntos  $\oplus$  es donde se tiene asignación en la solución óptima, entonces se tiene:

ORIGEN / DESTINO	1	2	3	4	OFERTA
1	←	⊕		⊕	15
2	←	⊕	⊕	↑	25
3	←	⊕	↑	↑	5
DEMANDA	5	15	15	10	45 = 45

0      7      9      11

Para el caso del ejemplo anterior los puntos  $\oplus$  es donde se tiene asignación en la solución óptima.

Es decir,  $Min. \{0, 7, 9, 11\} = 0$ , entonces el sitio recomendado en primer nivel es el 3; sin embargo habrá que preguntarse si este sitio satisface la relación *capacidad de producción – mercado*, que se está planeando o que espera tener el empresario; si no es así, entonces se toma la parte restante de la expresión como:  $Min. \{7, 9, 11\} = 7$ , entonces existen dos posibilidades o el sitio 2 y 1. De la tabla de solución óptima 4.3., se tiene que el sitio con más potencial de mercado es el 1 y 2; y vuelve a depender de las expectativas del mercado por lo tanto la decisión más recomendable será **instalar la nueva planta en el sitio 1 o 2.**

La aplicación de teoría clásica es eficiente en este tipo de análisis, sin embargo la extensión que es posible hacer a través del uso de la incertidumbre que proporciona la participación de expertos y de la Fuzzy Logic en los estudios de localización de empresas, proporciona mejores resultados en la selección de sitios en los que es posible instalar nuevas empresas, lo que desde la perspectiva de localización las harán más competitivas en los mercados globales y podrán operar con un nivel de eficiencia técnico-económico más eficiente y eficaz. Por lo que los estudios empresariales en este renglón se recomiendan sean apoyados en este tipo de metodologías por presentar bondades en el análisis y precisión en las recomendaciones.

## DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS EMPRESAS EN LA CERTEZA E INCERTIDUMBRE

---

En este apartado, se presenta y analiza una propuesta metodológica para hacer una determinación del tamaño mínimo económico de los procesos industriales que tienen las organizaciones productoras de bienes de consumo final, intermedio y de capital. Considerando todas las posibilidades tecnológicas que existen en el mercado, se considera en el análisis el caso en que la información es determinista, bien comportada, así como el caso cuando existe incertidumbre en el comportamiento operativo de los procesos existentes en el mercado.

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La determinación del tamaño de la planta industrial (empresa), está dado por la capacidad instalada de producción de bienes y/o servicios de la misma, dicha capacidad de producción es expresada en términos de productos elaborados por ciclo, turno, año, según el sistema adoptado para trabajar. El presente trabajo cobra interés para su análisis, debido a que explorando la literatura existente, encontramos orientaciones para los análisis limitados, en los que ante auditorias técnicas y económicas a los responsables de hacer estos análisis y compras de procesos, los criterios tradicionales no les daban las respuestas clave para disminuir el riesgo de no acertar en la decisión, en este caso como primicia de análisis, son consideradas todas las opciones de paquetes tecnológicos existentes en el mercado nacional e internacional para hacer la selección del mejor proceso.

González S. F. (1985). Establece que el conocimiento y la determinación del tamaño de una planta industrial tienen como objetivo fundamental determinar cual alternativa producirá los mejores resultados económicos para el proyecto caso de estudio

En la formulación y evaluación de proyectos industriales, el dimensionamiento de una planta industrial corresponde a su capacidad de producción, durante un período determinado de funcionamiento, este se refiere generalmente a la capacidad máxima de la instalación con un nivel de eficiencia satisfactorio, esta información debe ser completada con los datos de números de días de trabajo por año y el número de horas de trabajo por día. La referencia es la capacidad máxima de producción de bienes y/o servicios en un turno de trabajo del sistema, comúnmente la referencia es un turno de trabajo de 8 horas.

Los factores condicionantes básicos para la implementación del tamaño de la capacidad de producción de una planta dedicada a producir bienes y/o servicios son los siguientes:

- Mercado de consumo existente
- Distribución geográfica de los consumidores
- Disponibilidad de materias primas
- Restricciones de tecnología
- Disponibilidad de recursos financieros
- Disponibilidad de recursos legales
- Disponibilidad de mano de obra
- Política económica
- Normatividad ambiental
- Otras

De acuerdo con González S. F. et al. (2003). El elemento más importante para tener un juicio claro en la determinación del tamaño de una planta susceptible de ser instalada en una región predeterminada es generalmente el nivel de demanda potencial que habrá de satisfacerse, esta proporciona el tamaño máximo a instalar y que el mercado es capaz de absorber producto, en unidad de tiempo por unidad de área.

El análisis de la demanda en un proyecto industrial como instrumento de apoyo para determinar el tamaño, presenta fundamentalmente tres situaciones específicas básicas para poder instalarse con una capacidad de producción específica, estas situaciones son las siguientes.

- Que la demanda potencial sea claramente mayor que la capacidad mínima que pudiera instalarse.
- Que la demanda sea del mismo orden que la capacidad mínima de producción con posibilidades de instalar.
- Que la demanda sea muy superior a la capacidad máxima que se pueda instalar.

De lo anterior se observa que el tamaño de mercado, es un indicador inicial de las posibilidades alternativas a manejar en la selección del tamaño.

La forma en que se encuentra distribuida geográficamente la demanda de un producto y/o servicio, es un factor de mucha importancia en la decisión sobre la determinación del tamaño de la planta industrial, así se puede presentar el caso de que una misma demanda se puede satisfacer instalando una sola planta para todo el mercado geográfico, una central para abastecer la mayor parte del territorio, plantas menores en otros lugares y varias fábricas aproximadamente del mismo tamaño, situadas en lugares distintos, lo cual implica un factor determinante en lo que a tamaño respecta.

Un factor fundamental para la definición del tamaño son los tipos de procesos disponibles en el mercado del sector de la economía en la que este clasificado el proceso que caracteriza al tipo de planta a instalar, estos definen el tamaño máximo y mínimo de la planta, desde el punto de vista tecnológico. Este rango puede determinarse en los siguientes casos de procesos: *los probados a nivel industrial, los que existen a nivel de planta piloto, los que se están probando a nivel de laboratorio.*

Para el caso de análisis de búsqueda de procesos disponibles se deberá restringir los ya conocidos y experimentados a escala industrial, solo en el caso de un proceso nuevo se buscará en otras alternativas, pero su factibilidad dependerá de los elementos económicos, bajo los que se comporte el sistema.

La adquisición de una tecnología automatizada mal usada, puede originar una capacidad ociosa muy grande, esta podrá ser superada en el tiempo, si el crecimiento del mercado lo permite, o mantenerse en ese nivel durante la vida útil del proyecto, si ello se justifica desde el punto de vista técnico y económico.

Las alternativas de tamaño entre las cuales se puede escoger se van reduciendo a medida que se examinan las cuestiones relacionadas con la ingeniería, las inversiones, y que se han mencionado con anterioridad en este trabajo. La magnitud del mercado dará la primera orientación, ya que la demanda puede ser tan pequeña que solo justifique la instalación mínima, eliminándose cualquier otra solución.

Como el tamaño óptimo es función de los coeficientes antes mencionados, debido a las variaciones de los costos con el tamaño es decir, a las economías de escala, es necesario determinar previamente si el tamaño con el que se logran los costos unitarios mínimos es aquel con el cual se logra una máxima utilidad y rentabilidad o el máximo coeficiente de ventas a costos. Se tiene que el tamaño que hace mínimo el costo unitario es el mismo que hace máximo el cociente de ventas a costos.

## 2.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE TAMAÑO MÍNIMO ECONÓMICO

El tamaño mínimo es aquel en el que se obtiene un rendimiento económico, cuyo porcentaje por lo menos debe ser igual a la tasa de interés que ofrece la inversión de plazo fijo en la banca, comúnmente por el riesgo existente en las inversiones se buscará que proporcione una tasa de interés equivalente a la TREMA (tasa de recuperación mínima atractiva-la fija el inversionista de acuerdo a su interés y al giro del negocio).

Un concepto clave en el cálculo es el precio de mercado de(1) producto(s) que se tenga planeado producir, de acuerdo con González S. F. et al. (2001), estos están constituidos por los costos fijos, los variables y las utilidades o remuneraciones que se tengan al capital invertido, el mismo es expresado como:

$$P = CF + CV + U$$

Dónde:

P = Precio de producto

CF = Costo fijo

CV = Costo variable

U = Utilidad que el inversionista desea por la venta de producto

Para hacer el cálculo del tamaño bajo este criterio de análisis se requiere contar con los parámetros indicados a continuación:

1. Capacidad total de producción por proceso (en unidades de producción)
2. Inversión total para cada tecnología analizada
3. Nivel de costos fijos
4. Nivel de costos variables
5. Diferentes procesos (tecnologías) existentes en el mercado (N)
6. Establecimiento del (%) de capacidad aprovechada
7. Nivel de utilidad bruta a diferente nivel de operación del proceso
8. Cantidad total de dinero que se tiene de acuerdo a (6)
9. Determinación del precio mínimo de venta de producto

En este análisis se requiere seleccionar los diferentes niveles de operación que corresponden a diferentes niveles de utilización de la capacidad instalada para cada tecnología en análisis. Para el caso de la Inversión Total, está integrada por la suma de Inversión Fija, Inversión Diferida y el capital de trabajo para cada condición de operación; esta variará de nivel a nivel operativo en la movilidad que tenga el capital de trabajo, ya que la inversión fija y diferida se mantienen constantes y no dependen del volumen de producción.

Con la información anterior es posible, a partir del conocimiento del precio mínimo que cada tecnología puede ofrecer a diferentes niveles de capacidad aprovechada, hacer una selección preliminar del proceso, debido a que se seleccionará aquel que opere con niveles de precios más bajos que los otros que se estén comparando, lo anterior debido que al simular el comportamiento operativo de los procesos analizados y existentes en el mercado, se observa que estos operan con economías de escala.

Sin embargo se requiere incorporar las variables como el nivel de demanda con la que la futura planta (ampliación de la existente), desean participar en el mercado, la primera será información del estudio de mercado y en el segundo caso del potencial y tendencias que se tenga de la cartera de clientes que posee la empresa y su nivel de consumo. Estas variables son incorporadas en un sistema de referencia cartesiano, en el que se han ubicado las curvas de isocosto de cada proceso (tecnología) en comparación, y en este referencial será relativamente sencillo ubicar el proceso a seleccionar.

## 2.3 ANÁLISIS DE CASO CON INFORMACIÓN BIEN COMPORTADA

Para el análisis tomaremos información del problema planteado para planeación de la producción en González S. F. (1985). Para el caso en que la información es bien comportada. Ahora se pretende determinar el tamaño mínimo económico de una planta de aserrío de pino, para el caso existen en el mercado tres tecnologías que pueden satisfacer las necesidades de la futura empresa, las mismas tienen las características mostradas en la siguiente tabla.

CONCEPTO/TECNOLOGÍA	1	2	3
Capacidad Total (Pt/mes)	100 000	300 000	600 000
Inversión Total	4 000 000	8 250 000	15 000 000
Costos Fijos	260 000	370 000	460 000
Costos Variables	1 800 000	4 000 000	7 900 000

Para el planteamiento del problema se consideran los supuestos de que una disminución del 10% en la inversión total causa una disminución del 25 % de la capacidad instalada. Por ejemplo para la tecnología 1, se considera una inversión total de 4 000 000.00, en caso de tener un aprovechamiento del 75 % se supone que la inversión desciende a 3 600 000.00 por la variación existente en el capital de trabajo. Para este caso la utilidad bruta es producto de información tomada del estado financiero proforma Estado de Resultados, el análisis podrá hacerse a nivel de utilidad bruta, utilidad de operación, utilidad gravable antes de impuestos o bien utilidad neta, sin embargo para el nivel de análisis es suficientemente aceptable el tomar la utilidad bruta.

El proceso de análisis planteado anteriormente para el caso es expresado como se muestra a continuación.

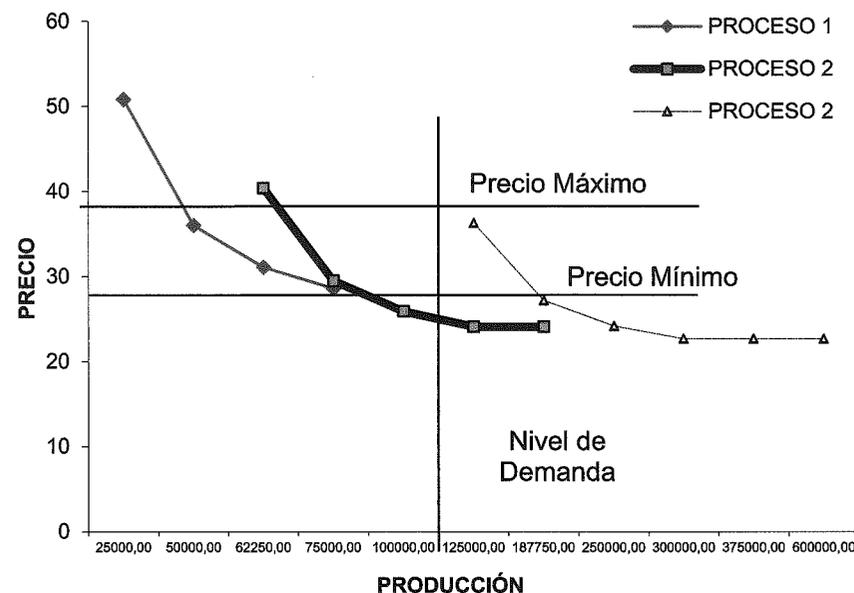
CONCEPTO\PROCESO	PROCESO 1			
% de Capacidad Utilizada	25	50	75	100
Unidades a Producir (miles)	25	50	75	100
Inversión Total	2 800 000	3 200 000	3 600 000	4 000 000
Costos Fijos	260 000	260 000	260 000	260 000
Costos Variables	450 000	900 000	1 350 000	1 800 000
Utilidades Brutas	560 000	640 000	720 000	800 000
Cantidad Total de Dinero existente: (CF+CV+U)	1 270 000	1 800 000	1 330 000	2 600 000
<b>Precio Mínimo de Venta (\$)</b>	<b>50.8</b>	<b>36.0</b>	<b>31.1</b>	<b>28.6</b>

CONCEPTO\PROCESO	PROCESO 2			
% de Capacidad Utilizada	25	50	75	100
Unidades a Producir (miles)	62.25	125	187.5	300
Inversión Total	5 775 000	6 600 000	7 425 000	8 250 000
Costos Fijos	370 000	370 000	370 000	370 000
Costos Variables	1 000 000	2 000 000	3 000 000	4 000 000
Utilidades Brutas	1 155 000	1 320 000	1 485 000	1 650 000
Cantidad Total de Dinero existente: (CF+CV+U)	2 535 000	3 690 000	4 855 000	6 020 000
<b>Precio Mínimo de Venta (\$)</b>	<b>40.4</b>	<b>29.5</b>	<b>25.9</b>	<b>24.1</b>

CONCEPTO\PROCESO	PROCESO 3			
% de Capacidad Utilizada	25	50	75	100
Unidades a Producir (miles)	125	250	375	600
Inversión Total	10500 000	12000 000	13500 000	15000 000
Costos Fijos	460 000	460 000	460 000	460 000
Costos Variables	1 975 000	3 950 000	5 925 000	7 900 000
Utilidades Brutas	2 100 000	2 400 000	2 700 000	3 000 000
Cantidad Total de Dinero existente: (CF+CV+U)	4 535 000	6 810 000	9 085 000	11360 000
<b>Precio Mínimo de Venta (\$)</b>	<b>36.3</b>	<b>27.2</b>	<b>24.2</b>	<b>22.7</b>

Con base en la información anterior e incorporando los niveles de la demanda con los que se desea participar en el mercado con el nuevo proceso, así como el establecimiento del precio mínimo y máximo que existe en el mercado, es posible realizar las curvas de isocosto y a partir de esto poder determinar cuál es el mejor proceso a seleccionar desde la perspectiva técnico-económica. Esto puede ser observado de forma clara en la siguiente figura.

### TAMAÑO DE PLANTA EN LA CERTEZA



En la figura se observa que se han trazado dos líneas que representan los precios de mercado I, II. El primero es de \$ 36 y el segundo de \$ 28 unidades monetarias, en el primero se observa que la línea cruza las tres curvas de las capacidades de los procesos en comparación, en este caso el tamaño mínimo corresponde a la tecnología 1, ya que las otras dos tendrán un bajo aprovechamiento.

En el segundo caso, se observa que la tecnología 1, no es conveniente, pues los costos totales unitarios superan al precio de mercado. Por lo tanto se elige la tecnología 2 como el *Tamaño Mínimo Óptimo*. Por ser el mejor con respecto a los otros dos procesos en comparación, este proceso opera en su cota inferior de precio al 50 % de capacidad aprovechada aproximadamente, así mismo es el nivel de operación al que debe operar la planta para satisfacer la cuota de mercado en el que se desea participar, teniendo 50 % de capacidad instalada para hacer ampliaciones de mercado, y los precios que podrá ofrecer estarán por debajo del precio mínimo de mercado. Cabe aclarar que esta metodología se propone pueda ser usada para la comparación de los (n) procesos que es posible encontrar en el mercado como procesos continuos, semicontinuos e intermitentes, este análisis permitirá tener más eficiencia y eficacia para la selección que los criterios tradicionales, que están asociados a seleccionar un proceso tomando como base la disponibilidad de capital y tecnología, así como el nivel de negocio que el comprador hace con el proveedor por preferenciar una negociación de selección, con la metodología presentada, se evitan este tipo de problemáticas.

## 2.4 ANÁLISIS EN LA INCERTIDUMBRE

Gil Aluja J. (2002). Establece que quedan lejanos los tiempos en que la captación de los fenómenos financieros eran formalizados con el auxilio de una matemática de la certeza, utilizando información precisa, casi siempre de carácter histórico, buscando en los estados financieros suministrados por la contabilidad de la empresa. Así mismo el análisis estocástico no es suficiente en un contexto que se desarrolla en la incertidumbre.

No negando la aplicación de teoría clásica en análisis empresarial, resulta de gran valía la incorporación de herramientas que permitan el análisis en la incertidumbre, debido a que proporcionan información adicional a la obtenida en el análisis clásico y de esta forma hacer una toma de decisiones más racional, eficiente y eficaz.

Dada la subjetividad que existe en el análisis de determinación de tamaño de empresas, es necesario precisar el concepto de valuación que de acuerdo con Kaufmann A., Gil A. J., Terceño G. A. (1996). Establecen que esta es la expresión de un nivel de verdad, nivel que toma sus valores del intervalo de confianza [0-1]. Esta es un dato subjetivo, suministrado por una persona o varias. Esta va orientada a la incertidumbre y a la subjetividad.

Que bien podrá hacerse objetiva a través del análisis e interpretación de los resultados que se obtienen en este contexto de incertidumbre. En análisis de información contable financiera, de acuerdo con Gil A. J. (2002) las estimaciones para el manejo de información podrán ser expresadas haciendo uso de intervalos de confianza, es decir poniendo de manifiesto un extremo inferior por debajo del cual no podría darse la realidad esperada y un extremo superior por encima del cual tampoco esta podría tener lugar. Para nuestro caso haremos uso del número borroso triangular para representar el comportamiento de la información base manejada en análisis debido a que cumple con la característica citada por el Dr. Gil Aluja, sin embargo se hace notar que en el comportamiento de los precios mínimos esperados la representación de sus valores, deberá cumplir con el comportamiento de economía de escala, adicional de que representa el comportamiento más posible, para cada concepto la información fuente para el análisis una vez habiendo calibrado la información proporcionada por un panel de 5 expertos del área contable y financiera y que trabajan en la incertidumbre, aplicando la técnica delphi, es posible expresarla como se muestra en las tablas siguientes.

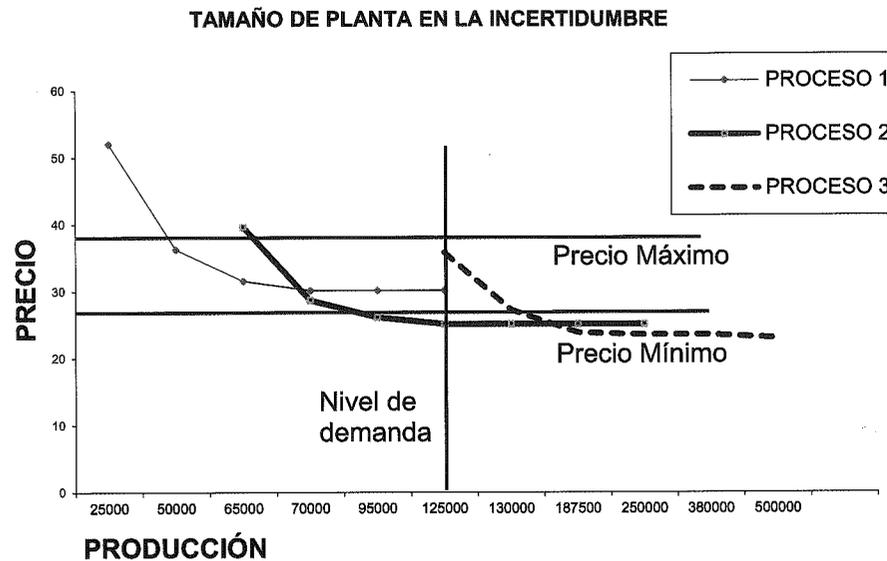
PROCESO 1			
CONCEPTO/PROCESO	(20, 25, 30)	(45, 50, 55)	(70, 75, 80)
% de Capacidad Utilizada	(20,000, 25,000, 30,000)	(45,000, 50,000, 55,000)	(60,000, 75,000, 80,000)
Unidades a Producir (miles)	(270,000, 280,000, 290,000)	(300,000, 320,000, 330,000)	(350,000, 360,000, 370,000)
Inversión Total	(259,000, 260,000, 261,000)	(259,000, 260,000, 261,000)	(259,000, 260,000, 261,000)
Costos Fijos	(445,000, 450,000, 455,000)	(800,000, 900,000, 999,000)	(1,000,000, 1,350,000, 1,400,000)
Costos Variables	(500,000, 560,000, 600,000)	(620,000, 640,000, 680,000)	(700,000, 720,000, 780,000)
Utilidades Brutas	(120,400, 127,000, 131,600)	(167,900, 180,000, 194,000)	(195,900, 233,000, 244,100)
Cantidad Total de Dinero existente: (CF+CV+U)	(60.20, 50.80, 43.86)	(37.31, 36.00, 35.27)	(32.65, 31.07, 30.51)
<b>Precio Mínimo de Venta (\$)</b>			<b>(30.54, 30.10, 29.81)</b>

PROCESO 2			
CONCEPTO/PROCESO	(20, 25, 30)	(45, 50, 55)	(70, 75, 80)
% de Capacidad Utilizada	(60,000, 65,000, 70,000)	(120,000, 125,000, 140,000)	(180,000, 187,500, 195,000)
Unidades a Producir (miles)	(560,000, 577,500, 580,000)	(650,000, 660,000, 670,000)	(730,000, 742,500, 760,000)
Inversión Total	(369,000, 370,000, 371,000)	(369,000, 370,000, 371,000)	(369,000, 370,000, 371,000)
Costos Fijos	(999,000, 1,000,000, 1,100,000)	(1,900,000, 2,000,000, 2,100,000)	(2,999,000, 3,000,000, 3,100,000)
Costos Variables	(1,100,000, 1,155,000, 1,200,000)	(1,300,000, 1,320,000, 1,400,000)	(1,450,000, 1,485,000, 1,500,000)
Utilidades Brutas	(246,800, 252,500, 267,100)	(356,900, 369,000, 387,100)	(481,800, 485,500, 497,100)
Cantidad Total de Dinero existente: (CF+CV+U)	(41.13, 38.84, 38.15)	(29.74, 29.52, 27.65)	(26.76, 25.89, 25.49)
<b>Precio Mínimo de Venta (\$)</b>			<b>(29.84, 24.08, 20.42)</b>

Estrategias y Modelos para la Toma de Decisiones en la Incertidumbre

PROCESO 3			
CONCEPTO/PROCESO	(20, 25, 30)	(45, 50, 55)	(70, 75, 80)
% de Capacidad Utilizada	(120,000, 125,000, 130,000)	(240,000, 250,000, 260,000)	(370,000, 380,000, 390,000)
Unidades a Producir (miles)	(1040,000, 1050,000, 1050,100)	(1190,000, 1200,000, 1210,000)	(1295,000, 1350,000, 1360,000)
Inversión Total	(459,000, 460,000, 461,000)	(459,000, 460,000, 461,000)	(459,000, 460,000, 461,000)
Costos Fijos	(190,000, 197,500, 197,600)	(390,000, 395,000, 400,000)	(580,000, 592,500, 600,000)
Costos Variables	(200,000, 210,000, 215,000)	(230,000, 240,000, 250,000)	(260,000, 270,000, 280,000)
Utilidades Brutas	(435,900, 453,500, 458,700)	(665,900, 681,000, 696,100)	(885,900, 908,500, 926,100)
Cantidad Total de Dinero existente: (CF+CV+U)	(36.32, 36.28, 35.28)	(27.74, 27.24, 26.77)	(23.94, 23.90, 23.74)
<b>Precio Mínimo de Venta (\$)</b>			<b>(27.89, 22.72, 19.18)</b>

Como en el caso de análisis en la certeza, con base en la información anterior e incorporando los niveles de la demanda con los que se desea participar en el mercado con el nuevo proceso, así como el establecimiento del precio mínimo y máximo que existe en el mercado, es posible realizar las curvas de isocosto obtenidas a través del uso de información en la incertidumbre, y a partir de esto poder determinar cuál es el mejor proceso a seleccionar desde la perspectiva técnico-económica. Esto puede ser observado de forma clara en la siguiente figura.



Para el análisis con información bien comportada y considerada determinística se elige el proceso 2 como el *Tamaño Mínimo Óptimo*. Por ser el mejor con respecto a los otros dos procesos en comparación, este proceso opera en su cota inferior de precio al 50 % de capacidad aprovechada aproximadamente, así mismo es el nivel de operación al que debe operar la planta para satisfacer la cuota de mercado en el que se desea participar, teniendo 50 % de capacidad instalada para hacer ampliaciones de mercado, y ofrecer precios que estarán por debajo del precio mínimo de mercado.

Para el caso de análisis en la incertidumbre la decisión es coincidente con la teoría clásica, sin embargo se observa en la figura correspondiente a este análisis, que los precios que puede ofrecer el

proceso seleccionado, están más cercanos a la cota inferior del precio con respecto al análisis en la certeza que son más bajos, sin embargo en un análisis de la vida real en la empresa, el análisis en la incertidumbre hace más bajo la banda del riesgo y da más seguridad ante futuras contingencias del mercado, además proporciona las bandas en las que con cierta certeza podemos afirmar se moverán los procesos a comparar, en este análisis se llega a la misma decisión, sin embargo cuando el número de procesos a evaluar es grande con un alto nivel de posibilidad la decisión en la selección puede verse cambiada.

Para el caso, se concluye que esta metodología puede ser usada para la comparación de los (n) procesos que es posible encontrar en el mercado como procesos continuos, semicontinuos e intermitentes, este análisis permitirá tener más eficiencia y eficacia para la selección de tamaño de procesos, si le es incorporada información incierta, lo que llevará al inversionista a tomar decisiones más eficientes y eficaces.

## EL SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA EMPRESA

---

El problema fundamental para el caso de transporte en una primera aproximación es minimizar el costo de transportar productos desde las industrias, campos de producción a los centros de consumo que podrán ser mercados locales e internacionales en virtud de que hoy día el mundo trabaja en un mercado global en el que se da la condición de mercado de competencia perfecta (mercado abierto).

Para el caso la información conocida es: La capacidad instalada- aprovechada (abastecimientos) asociados a las plantas de producción que se tienen, así como los niveles de demanda existentes en los diferentes centros de consumo en los que se trabaja.

En optimización el problema de transporte es un caso general del problema de la PL, el cual es posible resolver haciendo uso del Método Simplex, sin embargo aquí se abordaron metodologías específicas más aptas para la solución de este problema.

El problema de transporte consiste en minimizar los costos que se dan a partir de un cierto origen a un bien cualquiera que le es asignado transportar (llevar) a un determinado destino.

### 3.1 DEFINICIÓN DEL MODELO

Supóngase que existen "m" orígenes plantas de producción (bodegas) y "n" destinos. Si, adicionalmente,  $a_i$  representa el número de unidades (capacidad de producción, abastecimiento) de un bien disponible en el origen "i" ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), esto para para un tiempo determinado en función de su período de análisis, esto aplica además para la demanda y costos manejados en el análisis de referencia.  $b_j$  el número de unidades (áreas de mercado, consumo, nivel de demanda) del mismo bien requeridos o demandados en el destino (j), ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) y  $C_{ij}$  los

costos unitarios de transporte para la ruta (i, j), tomada en consideración para hacer la cotización del costo de referencia, para el caso se toma como base, si este se hace vía terrestre, en camión u otro medio, por vía aérea o marítima.

El problema del transporte básico fue planteado en el origen por Hitchcock Frank L. (1941), solamente obtiene soluciones iniciales a partir de la formulación del problema general de la PL, posteriormente Koopmans T.C., presenta el problema de transporte a detalle.

En el problema el objetivo es determinar el número de unidades transportadas del origen (i) al destino (j), minimizando el costo de transporte. Sea ( $X_{ij}$ ) el número de unidades transportadas del origen (i) al destino (j).

En el problema clásico se debe determinar un programa óptimo de envíos que:

- Se originan en centros de distribución (fuentes-orígenes), donde se tiene la disponibilidad de un bien.
- Los bienes son enviados a centros de (demanda-consumo)ven los que se considera se requieren cantidades fijas para una unidad de tiempo considerada en el análisis.
- Se debe cumplir que la demanda total para el período de análisis deba ser igual.
- El costo satisface una función objetivo lineal (el costo de cada embarque es proporcional a la cantidad embarcada y el costo total es la suma de los costos individuales).

El modelo matemático del Problema de Transporte es representado como:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Dónde:

Z = Función objetivo

$C_{ij}$  = Costo asociado por envío de producto de origen (planta  $i = 1, 2, \dots, m$ ), a destino, (mercado  $j = 1, 2, \dots, n$ ).

$X_{ij}$  = Cantidad de producto a enviar de origen (i) a destino (j).

$b_j$  = Nivel de demanda o consumo en el mercado (j).

$a_i$  = Nivel de oferta (capacidad instalada) en la planta (i).

Por ejemplo, si se tuvieran 2 orígenes y 3 destinos, la representación en forma tabular sería como se muestra en la representación siguiente, en donde se consideran los tres destinos, representados por ( $b_j$ ) y los dos orígenes como ( $a_i$ ).

Para la aplicación de cualquiera de las metodologías existentes en la literatura en la solución de este problema, se requiere tener un sistema balanceado, para ello se deberá cumplir la condición siguiente:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

La demostración de esta condición es fácil de realizar a partir de las restricciones funcionales:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j$$

$$\text{Multiplíquese por } \sum_{i=1}^m$$

$$\text{Multiplíquese por } \sum_{j=1}^n$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m X_{ij} = \sum_{i=1}^m a_i$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m X_{ij} = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m x_{ij} \right) = \sum_{i=1}^m a_i$$

Esto implica que el nivel de oferta sea igual a la demanda.

En la práctica esta condición no necesariamente se cumple, se pueden dar las condiciones:

$$a_i > b_j ; \text{Caso A}$$

$$a_i < b_j ; \text{Caso B}$$

Para estos casos se tendría un modelo no balanceado.

Para ello cualquier problema a resolver puede ser balanceado artificialmente, convirtiéndolo en un problema de tenga un nivel equivalente de oferta y demanda ( $a_i = b_j$ ).

- Para el Caso A: se incorpora un destino ficticio con el nivel de demanda requerido, para el que se dé la condición de balanceo del sistema, de igual forma a cada (origen- destino) se asocia un costo cero.
- Para el Caso B: se incorpora un origen ficticio con el nivel de oferta requerido, para el que se dé la condición de balanceo del sistema, de igual forma a cada (origen- destino) se asocia un costo cero, de acuerdo con los requerimientos del problema.

*Físicamente esto se toma como: las cantidades enviadas desde un origen ficticio pueden interpretarse como una escasez de demanda, mientras que las asignadas a un destino ficticio pueden tomarse como capacidades de producción no utilizadas en el origen.*

### 3.2 ETAPAS DE SOLUCIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE

Las etapas para su solución son:

1. Definición del problema.
2. Modelado del problema.
3. Determinación de una solución básica factible inicial.
4. Definición de la variable no básica que entra a la solución. (si todas las variables no básicas satisfacen la condición de optimalidad del Método Simplex parar, de otra forma ir a la etapa 5.
5. Determinar la variable que sale (usando la condición de factibilidad). Encontrar nueva solución básica. Regresar a la

etapa (4), cuando ya no exista ninguna variable que pueda entrar, se ha llegado a la solución óptima.

Para la solución del Modelo de Transporte se tienen los métodos siguientes:

- Método de la Esquina Noroeste (MEN).
- Método del Costo Mínimo (MCM)
- Método de Aproximación de Vogel (MAV).

Estos son usados para la obtención de una solución básica factible, a partir de ella para la obtención de la solución óptima son usados:

- Método del Banquillo.
- Método de Multiplicadores.

### 3.3 MÉTODO DE LA ESQUINA NORESTE

Las etapas del método son:

1. Asignar tanto como sea posible de ( $a_i, b_j$ ) a la variable ( $X_{ij}$ ) ubicada en la esquina noroeste de la tabla.
2. Si una fila y/o columna han sido satisfechas simultáneamente elimínalas.
3. Repetir (1, 2) hasta que solamente exista una posibilidad de hacer asignación.
4. Fin.

Como vía de explicación se usará el **ejemplo** siguiente. El Corporativo "W", tiene 3 plantas productoras de zapatos tipo bostoniano, con capacidades de producción ( $a_i$ ) como se especifica en la tabla anexa, de igual forma se especifica de acuerdo al estudio de mercado que se tiene en la empresa el nivel de demanda ( $b_j$ ). Los costos de envío de producto de origen (i) a destinos (j) están en unidades monetarias y son expresados en por unidad (p.u), la ubicación para cada planta es: (A) = León Gto, con ( $a_A$ ) = 5000 pares; (B)= Morelia Mich., ( $a_B$ )= 6000 pares; (C) = D.F., ( $a_C$ ) = 2500 pares. Para (1) = D.F, ( $b_1$ )= 6000, (2) = Guadalajara Jal., ( $b_2$ )= 4000, (3)= Morelia Mich., ( $b_3$ )= 2000, (4)= León Gto., ( $b_4$ )= 1500. El período de análisis es un mes y la información corresponde al mes de Diciembre de 2012.

- La Corporación desea conocer la política óptima de distribución de zapatos para el período de análisis.

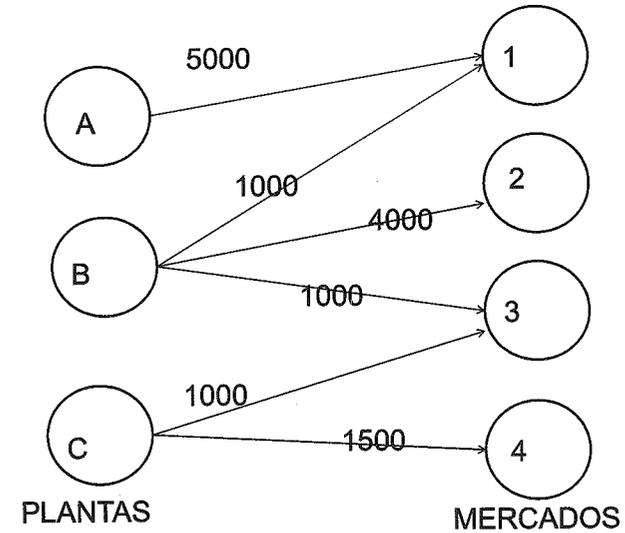
La presentación tabular del problema es:

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
B	7	5	2	3	6000
C	2	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

Aplicando el procedimiento especificado para el (MEN), la solución obtenida es:

	1	2	3	4	
A	3 5000	2	7	6	5000
B	7 1000	5 4000	2 1000	3	6000
C	2	5	4 1000	5 1500	2500
	6000	4000	2000	1500	

Físicamente el sistema de distribución del producto queda como:



Lo que implica mandar de la Planta (A) al mercado (1) 5000 pares; de la Planta (B) 1000 al mercado (1), 4000 AL MERCADO (2), 1000 al mercado (3) y de la Panta (C) 1000 al mercado (3) y 1500 al mercado (4). Con un costo de:

$$Z = 3(5000) + 7(1000) + 5(4000) + 2(1000) + 4(1000) + 5(1500) = \$ 55 500.00$$

### 3.4 MÉTODO DEL COSTO MÍNIMO

Las etapas del método son:

1. Asignar tanto como sea posible en la casilla del costo mínimo.
2. Si un renglón y/o columna han sido satisfechas eliminarlos.
3. Repetir (1-2) hasta que solamente exista una posibilidad de hacer asignación.
4. Si existe empates en la asignación, asignar en la casilla que permita (Min. Z) en un mayor nivel, estos se rompen arbitrariamente y el analista decide.
5. Fin.

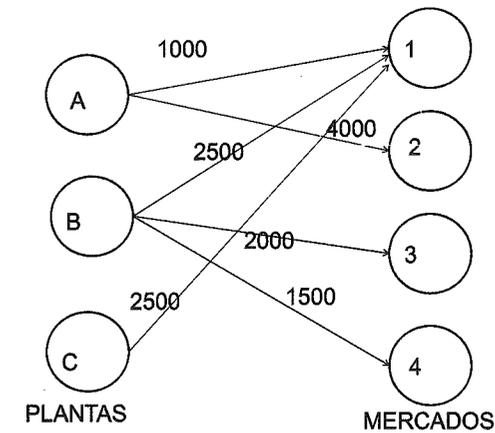
Para la explicación del método se usará el ejemplo empleado en el caso anterior, la tabla inicial del problema es:

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
B	7	5	2	3	6000
C	2	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

Para su solución usando las etapas del método descrito en este apartado, se obtiene la tabla solución quedando como:

	1	2	3	4	
A	3 1000	2 4000	7	6	5000
B	7 2500	5	2 2000	3 1500	6000
C	2 2500	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

Físicamente el sistema de distribución del producto recomendado a través de este método es representado como:



Lo que implica mandar de la Planta (A) al mercado (1)= 1000, al mercado (2)= 4000 pares; de la Planta (B) 2500 al mercado (1), 2000 al mercado (3), 1500 al mercado (4) y de la Panta (C) 2500 al mercado (1) con un costo de  $Z = \$ 42\ 000$ .

### 3.5 MÉTODO DE LA APROXIMACIÓN DE VOGEL

Este método da una mejor solución con respecto del de la esquina noroeste y del costo mínimo, en muchos casos proporciona la solución óptima o una muy próxima a ella.

Las etapas del método para obtener la solución son:

1. Asignar una penalización por renglón y/o columna. Esta se determina haciendo la resta entre los elementos más pequeños que existan en el renglón y/o columna de referencia.
2. Identificar el renglón y/o columna con la penalización mayor, rompiendo arbitrariamente los empates, asignar tanto como sea posible en la casilla de costo mínimo del renglón y/o columna seleccionado.
3. Si un renglón y/o columna han sido satisfechos eliminarlos.
4. Repetir (1-2-3) hasta que solamente exista una opción de hacer asignación.

Esto implica que para cada hilera y columna, aún bajo consideración, se calcula la diferencia entre los dos valores menores en ellas existentes. Después, se selecciona como variable básica aquella que tenga asociado el menor costo unitario en la hilera o columna que contenga la diferencia mayor. Esto se repite hasta obtener la asignación total entre orígenes y destinos.

Como en toda solución, debe corroborarse que el número de variables que constituyen la solución sea igual a  $m + (n - 1)$  y que todos los nodos – orígenes y destinos – involucrados sean conectables entre sí.

Es importante señalar:

1ro. Cualquier origen o destino cuya disponibilidad o demanda del bien en cuestión ha sido agotada o satisfecha, respectivamente, ya no es considerado en la parte repetitiva del proceso de asignación.

2do. Cuando algunas de la iteraciones después de efectuar la asignación correspondiente, sucede que  $a_i = b_j = 0$  la hilera o columna correspondiente, una de las dos se elimina de cualquier consideración posterior. Si esta condición eventualmente se repite, el criterio de eliminación deber ser el mismo; es decir, si anteriormente nada la hilera correspondiente, o si se eliminó la columna lo mismo debe proceder ahora.

3ro. Las celdas sobrantes pueden corresponder a una hilera o columna después de que se ha hecho la asignación totalmente, se les da un valor de cero. Esto garantiza que la solución inicial sea factible.

Para el ejemplo en cuestión que se ha venido usando para ejemplificar los distintos métodos la tabla inicial es:

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
B	7	5	2	3	6000
C	2	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

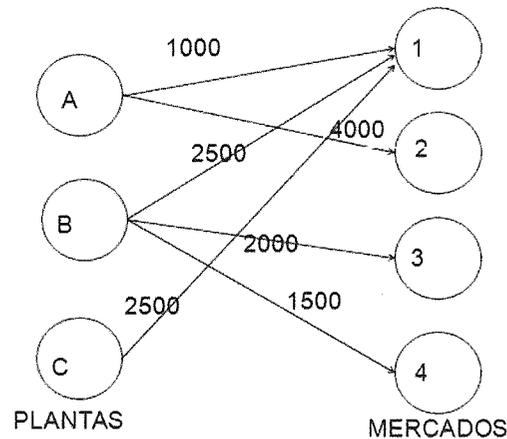
Calculando las penalizaciones de acuerdo con el punto (2), para el caso la columna (2) en la que existe la mayor penalización, por lo que se deberá asignar tanto como sea posible en la casilla de costo más bajo de la columna de referencia, correspondiendo la asignación a la casilla ( $A_2 = 4000$ ) como se muestra en esta primera iteración, quedando la tabla respectiva como:

	1	2	3	4	
A	3	2 4000	7	6	5000 (1)
B	7	5	2	3	6000 (1)
C	2	5	4	5	2500 (2)
	6000 (1)	4000 (3)	2000 (2)	1500 (1)	

Siguiendo el proceso marcado en la descripción del método, la tabla solución queda como:

	1	2	3	4	
A	3 1000	2 4000	7	6	5000
B	7 2500	5	2 2000	3 1500	6000
C	2 2500	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

Gráficamente la solución queda como:



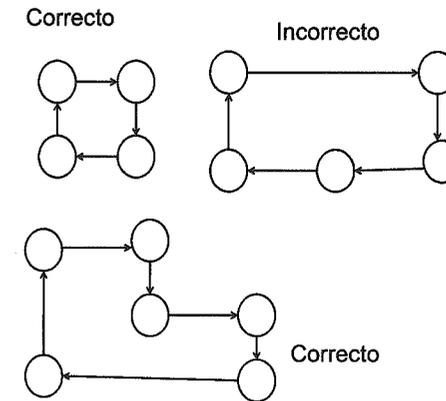
Lo que implica mandar de la Planta (A) al mercado (1)= 1000, al mercado (2)= 4000 pares; de la Planta (B) 2500 al mercado (1), 2000 al mercado (3), 1500 al mercado (4) y de la Planta (C) 2500 al mercado (1) con un costo de  $Z = \$ 42\ 000$ . Nótese que para este caso de forma coincidente la solución es la misma que en el Método del Costo Mínimo.

### 3.6 MÉTODO DEL BANQUILLO

Para la aplicación de este método, tómesese como punto de partida una solución básica factible obtenida por cualquiera de los métodos anteriormente descritos (MEN, MCM, MAV). Después de esto:

- Se debe verificar si la solución básica factible inicial puede mejorarse. Para ello revisar las variables no básicas actuales, para verificar si alguna de ellas contribuye en la mejora de la función objetivo. Si existe alguna variable con estas características será la variable que entra a la solución.
- La determinación de la **variable que entra** se determina, como la variable no básica  $\tilde{C}_{ij} > -$ , que tenga el **circuito asociado** a ella. La variable con esta característica proporciona la mayor disminución por unidad de costo.
- Para determinar la variable que entra y que sale se identifica un circuito cerrado para cada variable no básica (son las asociadas con casillas vacías en la tabla solución del modelo de transporte en el estado de solución básica inicial producto de la primera etapa).

- El circuito inicia y termina en la variable no básica seleccionada. Consiste en segmentos horizontales y verticales sucesivos (conectados) cuyos puntos extremos deberán ser variables básicas, excepto para los segmentos de inicio y terminación de la variable no básica. El circuito puede ser construido en el sentido de las manecillas del reloj o viceversa como se muestra, a nivel de ejemplo se tiene:



- Para la **definición de la variable que sale** en el proceso de cálculo se tiene:
- Esta se selecciona de las variables que se encuentran en las esquinas del circuito, las cuales disminuirán cuando la variable de entrada ( $X_{ij}$ ) aumente sobre el nivel cero. Las variables etiquetadas con *signo negativo* en el circuito de la variable que entra a la solución son las que disminuirán cuando ( $X_{ij}$  - que entra) aumente. Por ello *la variable que sale, se selecciona como aquella que tiene el valor más pequeño y etiquetada con signo negativo*, el cual deberá asignarse en el circuito seleccionado como (+,-) iniciando con la variable no básica del circuito de referencia (súmese algebraicamente), esta variable no básica será la primera que llegue al valor *cero*, y esta se encuentra etiquetada con signo negativo en el circuito de referencia.
- Las variables que en el proceso de cálculo toman *valor cero* son tomadas en consideración para seguir formando circuitos en las iteraciones posteriores y no se eliminan en el proceso de cálculo hasta llegar a la solución óptima del problema.

- Repetir el proceso (1, 2, 3) hasta que todas las  $\widetilde{C}_{ij} > 0$ ; esto implica que se ha obtenido la solución óptima.

Como ejemplo de explicación se tomara el caso tratado para los métodos anteriores, en el que la tabla inicial del problema es:

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
B	7	5	2	3	6000
C	2	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

Para el caso se tomará como solución básica inicial la *obtenida a través del Método de Aproximación de Vogel* mostrada a continuación.

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
		1000	4000		
B	7	5	2	3	6000
		2500	2000	1500	
C	2	5	4	5	2500
	2500				
	6000	4000	2000	1500	

La conformación y evaluación de los circuitos asociados a las variables no básicas es:

$$\begin{aligned}
 X_{A3} \rightarrow X_{B3} \rightarrow X_{B1} \rightarrow X_{A1} \rightarrow X_{A3}; \quad C_{A3} &= 7 - 2 + 7 - 3 = 9 \\
 X_{A4} \rightarrow X_{B4} \rightarrow X_{B1} \rightarrow X_{A1} \rightarrow X_{A4}; \quad C_{A4} &= 6 - 3 + 7 - 3 = 7 \\
 X_{B2} \rightarrow X_{B1} \rightarrow X_{A1} \rightarrow X_{A2} \rightarrow X_{B2}; \quad C_{B2} &= 5 - 7 + 3 - 2 = -1 \\
 X_{C2} \rightarrow X_{C1} \rightarrow X_{A1} \rightarrow X_{A2} \rightarrow X_{C2}; \quad C_{C2} &= 5 - 2 + 3 - 2 = 4 \\
 X_{C3} \rightarrow X_{C1} \rightarrow X_{B1} \rightarrow X_{B3} \rightarrow X_{C3}; \quad C_{C3} &= 4 - 2 + 7 - 2 = 7 \\
 X_{C4} \rightarrow X_{C1} \rightarrow X_{B1} \rightarrow X_{B4} \rightarrow X_{C4}; \quad C_{C4} &= 5 - 2 + 7 - 3 = 7
 \end{aligned}$$

Para ejemplificar la conformación de los circuitos tóme el caso siguiente:

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
		1000	4000		
B	7	5	2	3	6000
		2500	2000	1500	
C	2	5	4	5	2500
	2500				
	6000	4000	2000	1500	

La primera iteración del problema queda como:

	1	2	3	4	
A	3	2	7	6	5000
		3500	1500		
B	7	5	2	3	6000
			2500	2000	1500
C	2	5	4	5	2500
	2500				
	6000	4000	2000	1500	

Usando la metodología descrita anteriormente para la conformación y evaluación de los circuitos respectivos se tiene:

$$CA3 = 7 - 2 + 5 - 2 = 8$$

$$CA4 = 6 - 3 + 5 - 2 = 6$$

$$CC2 = 5 - 2 + 7 - 5 = 5$$

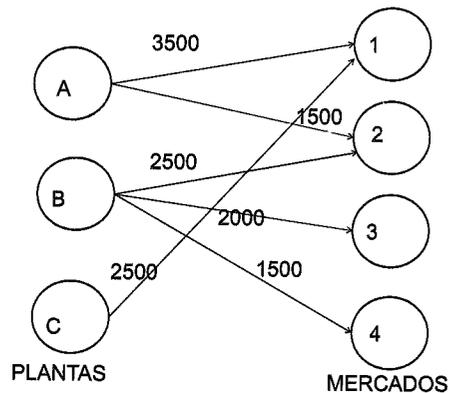
$$CC3 = 4 - 2 + 7 - 2 = 7$$

$$CC4 = 5 - 2 + 7 - 3 = 7$$

De lo que se observa que el costo asociado a todos los circuitos es mayor que cero (positivo) y ya no existe ningún circuito asociado con signo negativo, por lo que se ha llegado a la solución óptima, quedando como:

	1	2	3	4	
A	3 3500	2 1500	7	6	5000
B	7	5 2500	2 2000	3 1500	6000
C	2 2500	5	4	5	2500
	6000	4000	2000	1500	

La representación de la red de distribución óptima de producto para el caso es:



Lo que implica mandar de la Planta (A) al mercado (1)= 3500, al mercado (2)= 1500 pares; de la Planta (B) 2500 al mercado (2), 2000 al mercado (3), 1500 al mercado (4) y de la Planta (C) 2500 al mercado (1) con un costo de  $Z = \$ 39 500$ .

### 3.7 MÉTODO DE LOS MULTIPLICADORES

Este método lleva a cabo exactamente las mismas iteraciones que el método del banquillo. Su principal diferencia está en la forma de cómo son evaluadas las variables no básicas en cada iteración.

El proceso es:

- Asociar un multiplicador  $U_i$  por renglón (i) y uno  $V_j$  por cada columna (j).
- Para cada variable básica ( $X_{ij}$ ) en la solución actual se tiene:

$$C_{ij} = U_i + V_j ; \text{ Para toda } X_{ij} \text{ básica}$$

Los valores de los multiplicadores son determinados a partir de esta ecuación, se supone un valor arbitrario para cualquiera de los multiplicadores (comúnmente  $U_1=0$ ) y se resuelve el sistema de  $(m+n-1)$  ecuaciones en los  $m+n-1$  multiplicadores desconocidos.

Una vez evaluados todos los multiplicadores, son evaluadas las variables no básicas ( $X_{pq}$ ), esto se hace empleando la ecuación siguiente:

$$\widetilde{C}_{ij} = C_{pq} - U_p - V_q ; \text{ para toda } X_{pq}$$

- Una vez evaluados los ( $C_{ij}$ ) para determinar los multiplicadores así como las evaluaciones de las variables no básicas  $\widetilde{C}_{pq}$  se define la variable que entra y la variable que sale.
- La **variable que entra** es seleccionada como la variable asociada a  $\widetilde{C}_{pq} > -$ .
- La **variable que sale** se determina como la más pequeña del circuito asociado a ella usado en el método del banquillo.

Repetir el proceso hasta que  $\widetilde{C}_{pq} > 0$ ; o bien que la solución obtenida en la etapas de análisis no mejore ( $Z$ ).

Para ejemplificar el método, se usará el caso tomado de Taha H. et al. (1981). En el que su solución básica inicial es la mostrada:

	1	2	3	4	
1	10	0	20	11	15
2	12	7	9	20	25
3	0	14	16	18	5
	5	15	15	10	

Para su solución:

La evaluación de las variables básicas en la 1ª Iteración se tiene:

$$u_i + v_j = c_{ij}; \forall \text{ variable básica}$$

Se tiene:

$$U_1 + V_1 = C_{11}; \text{ si, } U_1 = 0; C_{11} = 10, \text{ por lo que } V_1 = 10$$

Para:

$$U_1 + V_2 = C_{12}; C_{12} = 0; V_2 = 0 - 0 = 0$$

Para  $U_2$ :

$$U_2 + V_2 = C_{22}; V_2 = 0; C_{22} = 7; U_2 = 7 - 0 = 7$$

$$\text{Para } V_3 \text{ se tiene: } U_2 + V_3 = C_{23}; C_{23} = 9; V_3 = 9 - 7 = 2$$

$$\text{Para } V_4 \text{ se tiene: } U_2 + V_4 = C_{24}; C_{24} = 20; U_2 = 7; V_4 = 20 - 7 = 13$$

$$\text{Para } U_3 \text{ se tiene: } U_3 + V_4 = C_{34}; C_{34} = 18; V_4 = 13; U_3 = 18 - 13 = 5$$

Para la evaluación de las *variables no básicas* se tiene:

$$\tilde{C}_{pq} = C_{pq} - U_p - V_j \forall \text{ variable no básica}$$

$$C_{13} = C_{13} - U_1 - V_3 = 20 - 0 - 2 = 18$$

$$C_{14} = C_{14} - U_1 - V_4 = 11 - 0 - 13 = -2$$

$$C_{21} = C_{21} - U_2 - V_1 = 12 - 7 - 10 = -5$$

$$C_{31} = C_{31} - U_3 - V_1 = 0 - 5 - 10 = -15$$

$$C_{32} = C_{32} - U_3 - V_2 = 14 - 2 - 0 = 12$$

$$C_{33} = C_{33} - U_3 - V_3 = 7$$

La variable que entra a la solución es ( $X_{31}$ ), por lo que el circuito asociado es:

	1	2	3	4	
1	10	0	20	11	15
2	12	7	9	20	25
3	0	14	16	18	5
	5	15	15	10	

Diagrama de flujo del circuito asociado a la entrada de  $X_{31}$ :

- Se muestra un camino cerrado de celdas:  $(3,1) \rightarrow (1,1) \rightarrow (1,2) \rightarrow (2,2) \rightarrow (2,4) \rightarrow (3,4) \rightarrow (3,1)$ .
- Las flechas indican el sentido del flujo:  $(3,1) \rightarrow (1,1)$  (horizontal),  $(1,1) \rightarrow (1,2)$  (horizontal),  $(1,2) \rightarrow (2,2)$  (vertical),  $(2,2) \rightarrow (2,4)$  (horizontal),  $(2,4) \rightarrow (3,4)$  (vertical),  $(3,4) \rightarrow (3,1)$  (horizontal).
- Los signos  $+$  y  $-$  indican el tipo de cambio en las variables básicas:  $+$  en  $(1,1)$ ,  $-$  en  $(1,2)$ ,  $+$  en  $(2,4)$ ,  $-$  en  $(3,4)$ .
- El valor  $5$  indica el nivel de ajuste en cada celda del camino.
- La celda  $(3,1)$  está etiquetada como  $X_{31}$  con un signo  $+$ .

La tabla transformada para esta iteración queda como:

	1	2	3	4	
1	10 (0)	0 (15)	20	11	15
2	12	7 (0)	9 (15)	20 (10)	25
3	0 (5)	14	16	18 (0)	5
	5	15	15	10	

La evaluación de las variables básicas para la 2ª Iteración, se tiene:

$$u_i + v_j = c_{ij} ; \forall \text{ variable básica}$$

Por lo que:

Como  $U_1 = 0$ , entonces

$$U_1 + V_1 = 10; V_1 = 10 - 0 = 10$$

$$U_1 + V_2 = 0; V_2 = 0$$

$$U_2 + V_2 = 7; U_2 = 7 - 0 = 7$$

$$U_2 + V_3 = 9; V_3 = 9 - 7 = 2$$

$$U_2 + V_4 = 20; V_4 = 20 - 7 = 13$$

$$U_3 + V_1 = 0$$

$$U_3 = 0 - 10 = -10$$

Para la evaluación de las variables no básicas se tiene:

$$\widetilde{C}_{pq} = C_{pq} - U_p - V_j \quad \forall \text{ variable no básica}$$

$$C_{13} = 20 - 0 - 2 = 18$$

$$C_{14} = 11 - 0 - 13 = -2$$

$$C_{21} = 12 - 7 - 10 = -5; \text{ Variable que entra a la base}$$

$$C_{32} = 14 - 10 - 0 = 4$$

$$C_{33} = 16 - (-10) - 2 = 24$$

El circuito asociado a esta iteración queda como:

	1	2	3	4	
1	10 (0)	0 (15)	20	11 +	15
2	12	7 ↑	9	20 ↓	25
3	0 (5)	14 +	16 (15)	18 -	5
	5	15	15	10	

Arrows and labels in the circuit:   
 - From (1,2) to (1,4) labeled X14   
 - From (1,4) to (2,4) labeled -   
 - From (2,4) to (2,2) labeled +   
 - From (2,2) to (3,2) labeled +   
 - From (3,2) to (3,3) labeled -   
 - From (3,3) to (1,3) labeled +

La tabla transformada de esta iteración será:

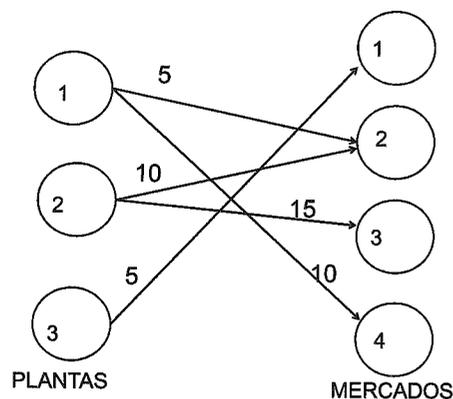
	1	2	3	4	
1	10 (0)	0 (5)	20	11 (10)	15
2	12	7 (10)	9 (15)	20 (0)	25
3	0 (5)	14	16	18 (0)	5
	5	15	15	10	

Siguiendo el proceso seguido en las iteraciones anteriores, para el caso, ya no existen variables que tengan la posibilidad de entrar a la solución, por lo que la solución óptima es la mostrada la tabla anterior, con un valor en la función objetivo de:

$$Z = 0(5) + 7(10) + 9(15) + 11(10) + 20(0) + 18(0) + 10(0) + 0(5) = 315$$

La representación gráfica del sistema queda como:

Asumiendo que ( $i$  = fila = plantas de producción;  $j$  = mercados = centros de consumo), se tiene:



Por lo que la política óptima de envío de producto es, enviar de la planta (1), 5 unidades al mercado (2) y 10 unidades al mercado (4), de la Planta (2), 10 unidades al mercado (2), y 15 unidades al mercado (3), de la Planta (3) enviar 5 unidades al mercado (1).

## EL INVENTARIO ÓPTIMO EN LA INCERTIDUMBRE COMO ESTRATEGIA PARA EL POSICIONAMIENTO EMPRESARIAL

En el presente trabajo se resuelve el problema de EOQ Clásico y EOQ usando Fuzzy Logic, tomando en consideración que todos los parámetros que intervienen en el análisis tienen un comportamiento en la incertidumbre, para ello se hace uso de números borrosos triangulares, se presenta un análisis comparativo entre ambas metodologías mostrando las ventajas competitivas de una con respecto de la otra y el cómo pueden aplicarse en la empresa como una estrategia para la búsqueda de un mejor posicionamiento en el mercado mundial y convertirlas en empresas de clase mundial.

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Kaufmann A., Gil Aluja J. (1986), en la empresa el proceso de producción ha sido considerado como el núcleo central sobre el que gira la actividad de la misma, este demanda de abastecimientos de materias primas e insumos y producto terminado en determinados momentos, por lo que se hace necesario el diseño de un programa eficiente y eficaz de entrega de materiales al proceso productivo, ya que, caso contrario en algún instante podría quedarse inactiva por la falta de materias primas e insumos y producto terminado (*inventarios*), lo que implicaría soportar altos niveles de costo por no operar a los niveles de capacidad aprovechados establecidos para satisfacer la demanda.

Los empresarios mantienen los stocks (*inventarios*) de materias primas, insumos y producto terminado cuando podrían colocar en otras actividades productivas el dinero así inmovilizado por las razones que se citan a continuación:

- La existencia de la actividad productiva hace inevitable que se mantenga un cierto volumen de inventario.
- Por considerarse incierto el futuro, por lo que en muchos casos no es posible prever la demanda con exactitud de los productos que maneja, por lo que se hace necesario contar con un nivel de inventario mínimo óptimo, para poder atender fluctuaciones de la demanda inesperada, buscando un costo que tienda a cero por esta actividad.
- El aspecto especulativo surge cuando se espera un aumento rápido de los precios o existe una posibilidad alta de que se incrementen las ventas en el futuro, por lo que se tiene la posibilidad de tener una utilidad esperada alta en el futuro por poder dar atención y respuesta óptima al mercado haciendo uso del inventario.

El control de inventarios de acuerdo con Narasimhan S. et al. (1996). Es un aspecto crítico de la administración exitosa. Cuando mantener inventarios implica un alto costo, las empresas no pueden permitirse tener grandes cantidades de dinero invertidas en existencias de producto excesivas.

Para reducir al mínimo las existencias de producto, la empresa deberá realizar una planeación estratégica impecable para buscar hacer coincidir los niveles de oferta y demanda, tal que las cantidades de existencias de productos en almacén sean mínimos (inventario).

El *Inventario* es considerado como las existencias de productos que se conservan en un lugar, en un momento determinado, de acuerdo con Schroeder R. G. (1993). El *Inventario* es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer las demandas del consumidor.

Las decisiones básicas que se tienen que afrontar en la administración de inventarios, entre otras son:

- ¿Cuándo se deben hacer los pedidos?.
- ¿Qué cantidad se debe pedir?.

Para dar respuesta a este tipo de interrogantes es necesario conocer el comportamiento de la demanda esperada de la empresa para el período de tiempo en el que se desea realizar el análisis, la especificación de la cantidad de días a considerar (semana, mes, año) dependiendo del referencial del análisis, de los costos anuales por mantener el inventario (*h*), comúnmente fijado tomando en consideración un (%) del costo del producto (artículo), del costo del artículo (*C*), de los costos de habilitación (*S*).

Por ello la importancia de la administración de inventarios se puede considerar como una de las funciones administrativas más

importantes de la producción, ya que demanda de capital y de que de no manejarse adecuadamente afecta la entrega de los productos a los consumidores.

La administración óptima de los inventarios en la empresa tiene un fuerte impacto, en particular en la producción, en la mercadotecnia y en las finanzas.

En este sentido las orientaciones operativas encontradas están:

- *La función financiera*, esta es común que busque mantener los inventarios en un nivel bajo, para no tener excesos de inventario.
- *En la Mercadotecnia*, este enfoque se orienta a tener niveles altos de inventario para garantizar las ventas.
- *En la parte Operativa*, esta orientación de manejo busca tener inventarios adecuados para garantizar una producción eficiente y niveles de empleo homogéneos.

Por lo que en la empresa se debe fortalecer la administración de los sistemas de inventario para equilibrar las orientaciones anteriores que parecieran verse como estados operativos en conflicto, por lo que será necesario hacer la determinación de un tamaño óptimo de inventario para satisfacer las necesidades del mercado en unidad de tiempo, haciendo uso de una cantidad mínima de recurso financiero.

En un sistema de inventario, existe incertidumbre en el comportamiento de la oferta-demanda y el tiempo involucrado en el proceso hasta llegar a la etapa de consumo. Por lo que se conservan cantidades mínimas en inventario en la empresa para hacer frente y protegerse contra estas incertidumbres y mantener la buena operación de la empresa en el mercado.

*Por lo que en la empresa, en este tipo de análisis el problema a tratar en este trabajo es la determinación de cuánto se debe ordenar, para tener como nivel de inventario y hacer frente a la demanda incierta, así como la determinación del tiempo de cuando ordenar.* Para lo cual es necesario considerar:

#### 4.1 LOS COSTOS EN EL INVENTARIO

En la estructura de costo del inventario se tienen los siguientes tipos de costos: costo del artículo (producto), costo de ordenar pedidos (o preparación), costo de inventario (o conservación) y el costo de inexistencias.

1. **Costo del Artículo.** Este es el costo de comprar y producir los artículos individuales del inventario. Generalmente es expresada como un costo unitario multiplicado por la capacidad adquirida o producida.
2. **Costo de Ordenar, pérdidas o preparación.** Este costo está relacionado con la adquisición de un grupo o lote de artículos. El costo de ordenar pedidos no depende de la cantidad de artículos, se asigna al lote entero.
3. **Costos de Inventario (o conservación).** Estos costos están relacionados con la permanencia de artículos en inventario durante un período. Este costo usualmente se carga como un *porcentaje del valor* por unidad de tiempo de análisis.

Los costos de inventario comúnmente tienen 3 componentes expresados como:

- **Costo de Capital.** Cuando los artículos se tienen en el inventario, el capital invertido no está disponible para otros propósitos. Estos representan un costo de oportunidades perdidas para otras inversiones, lo cual se al costo de inventario como un costo de oportunidad.
  - **Costo de Almacenamiento.** Este costo incluye costos variables del espacio, seguros e impuestos.
  - **Costos de Obsolescencia, deterioro y pérdidas.** Estos costos deben asignarse a los productos (artículos) que presentan un alto riesgo de hacerse obsoletos, entre mayor se considere el riesgo, mayor será la tasa de costo. Los productos perecederos deberán cargarse con los otros costos de deterioro cuando el artículo se daña al transcurrir el tiempo. Por ejemplo productos alimenticios, los costos de pérdida incluyen costos de robo y daño relacionado con la conservación de productos (artículos) en el inventario.
4. **Costos de Inexistencia.** Este tipo de costos refleja las consecuencias económicas cuando se terminan los artículos almacenados. Tanto de materias primas e insumos, como de producto terminado, la inexistencia de estos en el momento que se requieren, origina una pérdida de rentabilidad y de oportunidad de hacer negocio en ese instante o bien negocios futuros asociados con cada pedido de respaldo, debido a que el cliente tiene que esperar. Esta pérdida de oportunidad se estabiliza como un costo de inexistencia.

## 4.2 COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA

En la empresa la demanda futura puede tomar los enfoques de acuerdo con Kaufmann A, Gil Aluja J (1986), González S.F., Flores R, B. (2002):

- Cuando la empresa conoce exactamente cómo se comportará en el tiempo, esta es determinística o se da en la certeza.
- Cuando la empresa no conoce exactamente cómo se comportará en el tiempo, y esta no es determinística o se da en la certeza, esta tiene un comportamiento probabilístico o estocástico.
- Cuando la empresa desconoce los niveles que alcanzará la demanda futura, aunque no es verosímil la ignorancia completa. Por ello es posible aprovechar la experiencia en este ambiente de incertidumbre.

## 4.3 TAMAÑO DEL LOTE ECONÓMICO (EOQ) CLÁSICO

Esta metodología fue desarrollada por F.W. Harris en 1915, hoy día sigue siendo muy utilizada en la práctica empresarial para el caso de manejo de inventarios, cuando la demanda es independiente.

Los supuestos básicos usados en el desarrollo del modelo son:

- La tasa de demanda es conocida, constante y recurrente a lo largo del tiempo.
- El tiempo de entrega de artículos pedidos en un instante es cero, es conocido y constante (implica un número fijo de días).
- No se permiten existencias, ya que la demanda y tiempo de entrega son constantes, es posible determinar con exactitud el momento de hacer una compra de materias primas e insumos para evitar inexistencias.
- El material se adquiere o produce en grupos o lotes y el lote se coloca en el inventario todo a la vez.
- Se utiliza una estructura de costo de la siguiente forma: el costo unitario del artículo es constante y no existen descuentos por compras grandes.
- El costo fijo por ordenar artículos es (k) unidades monetarias.
- El costo unitario de los artículos es (c).

- El costo unitario por almacenamiento es ( $h$ ).
- El artículo (producto) en análisis es singular, no existe interacción con otros productos.

Considerando estas suposiciones el comportamiento del nivel de inventario para el caso se muestra en la Fig.1:

### LOTE ECONÓMICO CLÁSICO

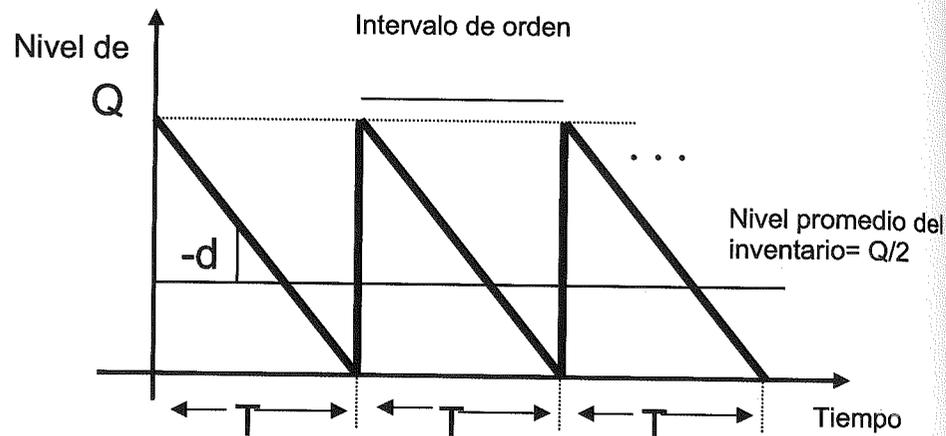


Figura 1: Lote económico clásico

Para el caso sean:

$Q$  = Cantidad a ordenar (No. de unidades).

$d$  = Demanda (No. de unidades/tiempo).

$K$  = Costo fijo.

$c$  = Costo por unidad (\$/ artículo).

$h$  = Costo unitario (\$/artículo) = costo de conservación por unidad =  $i\%(c)$ .

El comportamiento gráfico del costo es mostrado en la Figura 2.

Como:

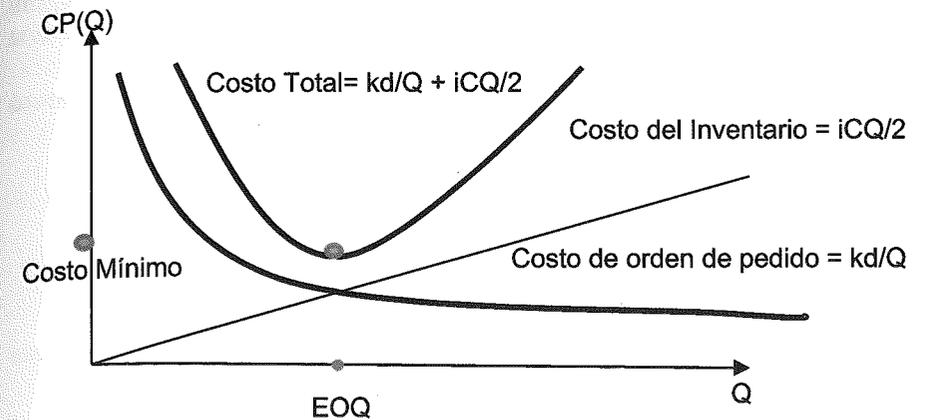


Fig. 2. Comportamiento del Costo

En la figura anterior se observa claramente que en la medida que  $Q$  aumenta, el costo de compra disminuye debido a que se colocan menos pedidos al año, sin embargo al mismo tiempo, la componente del costo del inventario aumenta debido a que se tiene más inventario promedio.

Por lo que los costos de compra y de llevar el inventario se compensan, uno disminuye, en tanto que el otro aumenta.

Para el cálculo del valor de  $Q$ , que minimice el costo  $CP(Q)$ ; para ello se calcula la derivada parcial de  $CP(Q)$ ; se iguala a cero y se resuelve para  $Q$ , como se muestra:

**El costo por Período es:**

$CT(Q) = (\text{Costo fijo}) + (\text{Costo por materiales}) + (\text{Costo por inventario})$ .

El cual es expresado como:

$$CT(Q) = k + cQ + h\left(\frac{Q}{2}\right)T$$

Dónde el *Costo Promedio Óptimo* es:

$$CP(Q) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \frac{n CT(Q)}{n T} \right] = \frac{CT(Q)}{T} = \frac{k + cQ + h \left( \frac{Q}{2} \right) T}{T}$$

$$= \frac{k d}{Q} + c d + \frac{h Q}{2}$$

Pero:

$$T = \frac{Q}{d}$$

El *Costo Promedio Óptimo*  $CP(Q^*)$ , se obtiene calculando la derivada parcial de este con respecto a  $(Q)$  e igualando a cero, quedando:

$$\frac{\partial CP(Q)}{\partial q} = 0 = -\frac{k d}{Q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

Por lo que:

$$\frac{k d}{Q^2} = \frac{h}{2}$$

$$Q^2 = \frac{2 k d}{h}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 k d}{h}}$$

La ecuación anterior para  $(Q)$ , representa el tamaño del pedido, que minimiza el costo promedio de operación del inventario.

Para el cálculo de la ecuación de referencia para  $(Q)$ , en este caso se hace uso de la base anual, sin embrago, se puede utilizar cualquier

unidad de tiempo siempre que las tasas de demanda y del interés usado sean compatibles.

Para la determinación del *tiempo requerido para tener el inventario requerido igual a cero*, se hace uso de la ecuación siguiente.

$$T = \frac{Q}{d} = \sqrt{\frac{2 k}{h d}}$$

Para el caso del *Costo promedio óptimo del inventario*, se hace uso de:

$$CP(Q) = \frac{k d}{Q} + c d + \left( \frac{h Q}{2} \right)$$

#### 4.4 CASO DE ANÁLISIS

Como ejemplo se tomará el siguiente en el que el Gerente de Procuramiento Industrial (compras o suministros) del Hospital San Rafael de la Ciudad de Morelia Michoacán México, en el área de radiología deberá determinar *cómo y cuándo hacer pedidos* para asegurar que le surtan de Películas de Rayos X al hospital en tiempo y forma para ofrecer una alta calidad en el servicio prestado y no proporcionar atención tardía a los pacientes del mismo.

Se busca que en el hospital nunca se les termine este producto el cual se considera es estratégico = crítico, y *al mismo tiempo mantener el costo total tan bajo como sea posible*.

Para el caso, se considera *un artículo*: película de rayos X, (1) proveedor de fuera de la ciudad de Morelia y *se reemplaza en lotes pedidos*, se considera de acuerdo al historial operativo del hospital una *demanda* constante de 150 películas / mes, la misma tiene un comportamiento determinístico, el tiempo de entrega de películas es de 1 semana por el proveedor y no se acepta déficit.

El departamento de *contabilidad* del hospital ha proporcionado la siguiente información:

- El costo fijo del pedido es de \$ 100 unidades monetarias (p.u.) para cubrir el costo de colocar cada pedido, pago de cargos de entrega.

- El costo de compra, sin descuento por cantidad de cada película es de \$ 20 unidades monetarias en (p.u.).
- Se tiene una tasa de transferencia de 30 % por año ( $i = 0.3$ ) para reflejar el costo de almacenar la película en un área especial, así como el costo de oportunidad del dinero invertido en el inventario ocioso.

Es de interés para el gerente del hospital: determinar la *cantidad de pedido* Óptimo ( $Q$ ) y el *periodo para hacer nuevos pedidos*.

Para el **cálculo de la cantidad de pedido** se requiere homogenizar la información, para el caso se tomará la **base anual** con 52 semanas al año, entonces:

- Demanda anual;  $d = (1500 \text{ películas/mes}) 12 = 18\ 000$  películas/año
- Tiempo:  $t = 1 \text{ semana} = 1/52$  de año
- Tasa de Transferencia anual;  $i = 0.3$
- Costo Fijo de Pedido;  $k = \$ 100$  por pedido
- Costo de Pedido;  $c = \$ 20$  por película
- Costo de Conservación Anual

$$h = i(c) = 0.3(20) = \$ 6 \text{ por película al año}$$

Por lo que la **Cantidad de Pedido** es:

$$Q = \sqrt{\frac{2kd}{h}} = \sqrt{\frac{2(100)18\ 000}{6}} = 774.6$$

$\cong 774 \text{ o } 775 \text{ películas para rayos X.}$

Para,  $Q = 774$ , el **Costo Anual**:

$$CP(Q) = \frac{kd}{Q} + cd + \left(\frac{hQ}{2}\right)$$

$$CP(Q) = \frac{100(18\ 000)}{774} + 20(18\ 000) + \left(\frac{0.3(20)774}{2}\right)$$

$$= \$ 364\ 647.58$$

Para,  $Q = 775$ , el **Costo Anual**:

$$CP(Q) = \frac{kd}{Q} + cd + \left(\frac{hQ}{2}\right)$$

$$CP(Q) = \frac{100(18\ 000)}{775} + 20(18\ 000) + \left(\frac{0.3(20)775}{2}\right)$$

$$= \$ 364\ 647.58$$

Para la toma de decisiones en general el gerente, siempre optaría por elegir la cantidad de pedido que proporciona el mínimo costo total.

Para el caso de las 774 o 775 películas el costo total \$ 364 647.58 es el mismo se decidirá por pedir 775 películas.

**El número promedio de pedidos / año es:**

$$NP = \frac{d}{Q} = \frac{18\ 000}{775} \cong 23.23 \text{ pedidos al año}$$

El tiempo entre pedidos es:

$$T = \frac{Q}{d} = \frac{775}{18\ 000} = 0.043$$

Para el cálculo del **Punto de reorden de nuevos pedidos**:

Se tiene: que el óptimo de pedido es,  $Q = 775$  en promedio de 23.23 veces al año.

Ahora la pregunta es: *cuándo colocar pedidos, de tal forma que el nivel de inventario esté llegando a cero cuando llegue el nuevo periodo.*

- El tiempo guía para recepción de pedidos es (1 / 52 de año).  
¿Cuántas películas se necesitan en inventario para cubrir la demanda durante el tiempo guía mientras se hace el pedido?.

Cómo:  $d = 18\,000$  películas / año

Por lo tanto, el número de películas que se necesitarán durante el tiempo guía (punto de reorden) son:

$$R = \frac{d \text{ (tiempo de entrega en días)}}{365 \text{ días}} = \text{unidades}$$

Para el caso la ecuación anterior del Punto *de Reorden* será cada:

$$R = d(t) = 18\,000 \left(\frac{1}{52}\right) = 346.15 \cong 346 \text{ películas}$$

Esto implica que cuando el *Inventario* llegue a 346, habrá que colocar el nuevo pedido de 775 películas.

#### 4.5 TAMAÑO DE LOTE ECONÓMICO (EOQ) FUZZY

De acuerdo con Giffrida, Alfred L., et al. (2010), el modelo del Tamaño de Lote Económico en un ambiente de incertidumbre, tratado haciendo uso de Fuzzy Logic ha sido tratado, en el que (F) fue considerado como Fuzzy y (\*) como no Fuzzy, como se muestra en la tabla 1:

**Tabla 1. Análisis de Tamaño de Lote Económico**

Modelo	Parámetros de entrada al Modelo			
	Q	c	h	d
Park (1987)	*	F	F	*
Vujosevic (1996)	*	F	F	*
Lee and Yao (1999)	F	*	*	*
Yao et al. (2000)	F	*	*	F
Yao and Chiang (2003)	*	*	F	F
Wang et al. (2007)	*	F	F	*

Fuente. Alfred L. Guiffrida Kent State University Kent, Ohio. Cap 8. Fuzzy Inventory Models.(2010).

En la vida empresarial los analistas, y consultores en general se apoyan en todas aquellas técnicas, González S.F., Flores R. B., Gil Lafuente A.M. (2010), que permiten una mejor captación de fenómenos que la vida diaria plantea en toda su complejidad, con el objeto de poder formalizarlos y así actuar sobre ellos.

Esta orientación hacia la percepción de la realidad ha tenido lugar tradicionalmente, de razonamientos basados en el concepto de precisión y que frecuentemente, eran plasmados para su cuantificación a través de los esquemas clásicos de la matemática. Esto dio lugar a que se formalizara *una realidad modificada adaptada a los modelos matemáticos, en lugar de hacer lo contrario, es decir, una adaptación de los modelos a los hechos reales. Con esto eliminamos el concepto de que si el modelo no se adapta a la realidad peor para ella.*

Es así que la realidad, aunque precisa en sí misma, solo ha podido ser captada a través de algunos de sus aspectos, lo que ha llevado a simplificarla, y le ha quitado precisión. Ello no es obstáculo para que el modelo elaborado sea incluso más perfecto que la propia realidad. Este tipo de apreciaciones es lo que ha obligado a que si la realidad no es posible captarla de forma precisa, esta es posible tratarla en el ambiente de la lógica multivalente haciendo uso de la Fuzzy Logic y poder tener una muy buena aproximación a que el resultado esperado del análisis se aproxime en un altísimo grado al valor real del fenómeno estudiado.

Para el caso de análisis se considerará que todos los parámetros tienen un comportamiento en la incertidumbre (borrosos), esto en virtud de que el comportamiento real de las empresas se desarrolla en ambientes de incertidumbre en todos los elementos que tienen que ver con los indicadores contables y financieros, más aun de que el tiempo es considerado como un recurso no renovable. Por ello. Para este análisis, todos los elementos que intervienen en el análisis son expresados como números borrosos triangulares. Los cuales son expresados como:

$$\tilde{d} = (17\,000, 18\,000, 19\,000)$$

$$\text{Tiempo} = \tilde{t} = \left(\frac{1}{50}, \frac{1}{52}, \frac{1}{53}\right) \text{ de año.}$$

$$\tilde{r}\% = (0.2, 0.3, 0.4)$$

$$\tilde{k} = (80, 100, 120)$$

$$\tilde{c} = (18, 20, 22)$$

Para el caso:  $\tilde{h} = \tilde{r} \% (\tilde{c})$

L a conversión del modelo de Lote Económico (EOQ) clásico a uno borroso es la siguiente:

Para la determinación del *tiempo requerido para tener el inventario requerido igual a cero*, se hace uso de la ecuación siguiente.

$$\tilde{Q} = \sqrt{\frac{2\tilde{k}d}{\tilde{h}}}$$

El *Costo promedio óptimo del inventario*, se hace uso de:

$$CP(\tilde{Q}) = \frac{\tilde{k}d}{\tilde{Q}} + \tilde{c}d + \left(\frac{\tilde{h}\tilde{Q}}{2}\right)$$

El *número promedio de pedidos / año* es:

$$\tilde{NP} = \frac{\tilde{d}}{\tilde{Q}}$$

El *tiempo entre pedidos* es:

$$\tilde{T} = \frac{\tilde{Q}}{\tilde{d}}$$

En el análisis se hace uso de una escala endecadaria y el nivel de presunción de los números borrosos puede variar, de 0 a 1. Por lo que a cada nivel  $[0 \leq \alpha_k \leq 1]$ , le corresponde un intervalo de confianza  $[r_k^\alpha, s_k^\alpha]$  que es posible expresar en función de  $\alpha_k$ , de la siguiente forma:

$$[r_k^\alpha, s_k^\alpha] = [r + (m - r) \alpha_k, s - (s - m) \alpha_k]$$

Por lo que los intervalos de confianza en el análisis para (k, i % ,c, d) son expresados como:

$\alpha$	$\tilde{k}$	
0.0	80	120
0.1	82	118
0.2	84	116
0.3	86	114
0.4	88	112
0.5	90	110
0.6	92	108
0.7	94	106
0.8	96	104
0.9	98	102
1.0	100	100
$\alpha$	$\tilde{r}\%$	
0.0	0.20	0.40
0.1	0.21	0.39
0.2	0.22	0.38
0.3	0.23	0.37
0.4	0.24	0.36
0.5	0.25	0.35
0.6	0.26	0.34
0.7	0.27	0.33
0.8	0.28	0.32
0.9	0.29	0.31
1.0	0.30	0.30

$\alpha$	$\tilde{c}$	
0.0	18.0	22.0
0.1	18.2	21.8
0.2	18.4	21.6
0.3	18.6	21.4
0.4	18.8	21.2
0.5	19.0	21.0
0.6	19.2	20.8
0.7	19.4	20.6
0.8	19.6	20.4
0.9	19.8	20.2
1.0	20.0	20.0

$\alpha$	$\tilde{d}$	
0.0	17,000	19,000
0.1	17,100	18,900
0.2	17,200	18,800
0.3	17,300	18,700
0.4	17,400	18,600
0.5	17,500	18,500
0.6	17,600	18,400
0.7	17,700	18,300
0.8	17,800	18,200
0.9	17,900	18,100
1.0	18,000	18,000

El Tamaño del Pedido, es:

Para un  $[0 \leq \alpha_k \leq 1]$ , en una escala endecadaria, se tiene:

$\tilde{Q} = \sqrt{\frac{2\tilde{k}d}{\tilde{h}}}$	
555.959	1,125.463
574.327	1,080.293
593.335	1,038.013
613.027	998.316
633.449	960.939
654.654	925.658
676.697	892.275
699.641	860.619
723.553	830.540
748.511	801.905
774.597	774.597

$\tilde{Q} = (555.959, 774.597, 1,125.463)$

Para un  $[0 \leq \alpha_k \leq 1]$ , en una escala endecadaria, el Costo Promedio es:

$CP(\tilde{Q}) = \frac{\tilde{k}d}{\tilde{Q}} + \tilde{c}\tilde{d} + \left(\frac{\tilde{h}\tilde{Q}}{2}\right)$	
308,209.12	427,053.06
313,615.52	420,495.48
319,072.80	414,015.50
324,581.57	407,609.83
330,142.50	401,275.61
335,756.30	395,010.31
341,423.72	388,811.70
347,145.62	382,677.81
352,922.89	376,606.86
358,756.52	370,597.26
364,647.58	364,647.58

$CP(\tilde{Q}) = (308,209.12, 364,647.58, 427,053.06)$

El Número Promedio de pedidos / año es:

$\tilde{NP} = \frac{\tilde{d}}{\tilde{Q}}$	
15.10	34.18
15.83	32.91
16.57	31.69
17.33	30.50
18.11	29.36
18.91	28.26
19.72	27.19
20.57	26.16

21.43	25.15
22.32	24.18
23.24	23.24

$$\tilde{NP} = (15.10, 23.24, 34.18)$$

El Tiempo entre pedidos es:

$\tilde{T} = \frac{\tilde{Q}}{\tilde{d}}$	
0.029	0.066
0.030	0.063
0.032	0.060
0.033	0.058
0.034	0.055
0.035	0.053
0.037	0.051
0.038	0.049
0.040	0.047
0.041	0.045
0.043	0.043

$$\tilde{T} = (0.029, 0.043, 0.066)$$

## RESULTADOS

Estos son expresados de forma comparativa, haciendo uso del análisis del Modelo Clásico de (EOQ) y el (EOQ) Fuzzy, como se muestra en la tabla # 2.

Tabla # 2. EOQ Clásico Vs. EOQ Fuzzy

INDICADOR	VALOR CLÁSICO	INDICADOR	VALOR FUZZY
Q	774	$\tilde{Q}$	(555.959, 774.597, 1, 125.463)
CP(Q)	\$ 364, 647.58	$\tilde{CP}(Q)$	(308,209.12,364,647.58,427,053.069)
NP	23.23 pedidos al año	$\tilde{NP}$	(15.10, 23.24, 34.18)
T	0.043	$\tilde{T}$	(0.029, 0.043, 0.066)

Fuente: elaboración propia.

De los resultados se tiene que en el análisis usando lógica difusa, se obtiene un espectro más amplio de los resultados, en comparación con la teoría clásica, la cual oculta información. Por ello le permitirá al empresario tomar mejores decisiones, para hacer una planeación operativa más eficiente y eficaz, que lo lleve a posicionar a su organización como una empresa de clase mundial.

Es importante hacer notar que para el caso de análisis, el resultado obtenido haciendo uso de la metodología clásica para EOQ, es coincidente con el que proporciona el EOQ Fuzzy para el estado más posibles, sin embargo este proporciona un espectro más amplio de resultados en el que es altamente posible que se den los resultados en la dinámica operativa real de la empresa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De lo anterior se concluye que la aplicación de la Lógica Difusa, presenta ventaja competitiva en análisis de esta naturaleza, en virtud de que el tipo de información que se maneja en este tipo de problema, tiene un comportamiento dinámico, por lo que se recomienda la aplicación de Métodos Fuzzy para el tratamiento de este tipo de problemas en la empresa, lo que permitirá obtener ventaja competitiva en relación con los métodos clásicos.

## APLICACIONES EN LA EMPRESA

---

### 5.1 MODELADO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En este apartado se hace una propuesta de un algoritmo heurístico eficiente, para resolver el problema de la Planeación de la Producción Jerárquica (caso del aserrío de madera). Para su solución se usa Programación Lineal Entera Mixta (PLEM), usando técnicas de descomposición de Benders.

#### INTRODUCCIÓN

La empresa mexicana se encuentra inmersa en una competencia de alcance mundial, González S. F. (1995, 2004, 2005), establece que ante un mercado globalizado, le será muy difícil permanecer en él mercado con la distribución de sus productos si no se moderniza y presenta una infraestructura competente, en recursos materiales y humanos, así como en el sistema de control que le permitan una operación altamente eficiente y eficaz, acorde a nuestra realidad actual.

Ante estas circunstancias la planeación y calendarización de producción de forma óptima de sus productos de bienes es estratégica para ganar ventaja competitiva de las empresas en los mercados, considerando que los bienes y/o servicios ofrecidos son certificados y competitivos en calidad y precio.

El problema de planeación de la producción para el caso tratado en el presente trabajo es clasificado como NP-completo, en él se tiene como objetivo hacer la planeación y calendarización de la producción en unidad de tiempo. De acuerdo con González S. F. et al. (1996). La planeación de la producción mantiene objetivos fundamentales, *La Función de Planeación* determina las fuentes de requerimientos, el punto en el tiempo en que estas ocurren, el orden de satisfacción de la demanda en el horizonte de planeación, *La Función de Calendarización* determina

para el período inmediato como actúan las fuentes de producción disponibles, localizando los productos individuales que se proveen a los consumidores a un mínimo costo de producción. El problema está referido a lograr un volumen de producción para el período de análisis, que implique altos niveles de eficiencia en utilidad y disminución en costos de producción y operación, así como buscar garantizar la permanencia de la industria en forma eficiente en los mercados globales. El presente trabajo se desarrolla haciendo el planteamiento del problema del aserrío de madera, se hace su modelado matemático, se presenta el algoritmo para dar solución, se presentan los resultados de una corrida (plan de producción), se obtienen conclusiones y se cita la bibliografía.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el estado de Michoacán México, una de las actividades económicas importantes, es la industrialización del recurso forestal maderable, la primera etapa de industrialización desde el punto de vista mecánico de este recurso es el Aserrío, las fases que integran este proceso González Santoyo F. (1987) son: recepción y clasificación de materias primas, carro porta troza, asierre principal, desorilladota, cabeceadora múltiple, mesa de clasificación, almacén. Las variables manejadas como representativas en el problema son: *materias primas, tiempo de maquinado, disponibilidad de tiempo de proceso, insumos, mano de obra, energía eléctrica, mantenimiento, mercado de productos aserrados.*

La problemática de este tipo de procesos es referente a las materias primas, las trozas presentan diferentes rangos dimétricos, largos y uniformidad, para lo cual deberán ser clasificadas de acuerdo a estas variables, lo que permite hacer más eficiente la operación del proceso y elección del programa de corte óptimo en la sierra principal y demás etapas del proceso especificadas.

El problema general para el Estado de Michoacán México está asociado a los largos de las trozas, estas se tienen en el abastecimiento de 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 pies, con diámetros de 12 hasta 30 pulgadas, las medidas comerciales son de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $1 \frac{1}{2}$ , 3,  $3 \frac{1}{2}$  pulgadas de espesor (grueso), 8, 10, 12 pulgadas de ancho en los largos especificados anteriormente. Lo que permite tratar el mismo por su estructura haciendo uso de la Programación Lineal Entera Mixta (PLEM). El mismo tendrá 8 tipos con 1, 2 y 4 familias, lo que implicará 160 elementos diferentes de madera aserrada manejados por la empresa.

La evaluación del problema es hecho usando PLEM, la producción de artículos es agregada en familias y las familias en tipos de productos, esta estructura de agregación González S. F. (1995), es

enmarcada en la línea de investigación de la planeación de la producción jerárquica, la planeación de la producción original es dividida dentro de una jerarquía de subproblemas, en la estructuración de planes de producción se considera que las partes individuales y productos finales pueden ser agregados (agrupados). El criterio de agrupamiento que usamos como base, es de acuerdo a Bitran (1981) para lo cual la descripción de acuerdo a González S. F. (1995), es: **Artículos**, son productos finales demandados por el mercado en unidad de tiempo, **Tipos de Productos**, son grupos de artículos (colección) de productos finales que tienen costos de producción similares, presentan el mismo modelo de demanda, el mismo rango de producción. Los tipos serán caracterizados de acuerdo a los diferentes largos de las trozas de madera abastecidas al proceso, **Familias de Productos**, es representada por un conjunto de artículos dentro de un tipo tal que estos compartan una característica común, para el caso lo que hará su distinción será el ancho de la medidas comercial de la madera. El problema general de PLEM es caracterizado como un problema de gran escala, este será resuelto como un heurístico usando como base la teoría de Descomposición de Benders González S. F. et al. (1996).

## MODELADO DEL PROBLEMA

El problema matemáticamente es escrito como:

(PS)

$$Z_{ps} \text{Min.} \sum_t (C_t O_t + \sum_i h_{it} I_{it}) + \sum_j \sum_t S_{jt} X_{jt}$$

$$\sum_{j \in T(i)} FP_{jt} - P = 0, \forall i, t$$

$$\sum_i K_i P_{it} - O_t \leq r_t, \forall t,$$

$$\sum_{j \in T(i)} FI_{jt} - I_{it} = 0, \forall i, t$$

$$FP_{jt} + FI_{j,t-1} - FI_{jt} = d_{jt}, \forall j, t$$

$$FP_{jt} - m_{jt} X_{jt} \leq 0, \forall j, t$$

$$O_t, P_{it}, I_{it}, FP_{jt}, FI_{jt} \geq 0, \forall i, j, t$$

$$X_{jt} \in \{0,1\}, \forall j, t$$

Donde:  $t$  = número de períodos de tiempo,  $C_t$  = costo de una hora de tiempo extra en el período ( $t$ ),  $h_{it}$  = costo de inventario para el tipo ( $i$ ), durante el período ( $t$ ),  $S_{jt}$  = costo de preparación por familia ( $j$ ) en el período ( $t$ ),  $d_{jt}$  = demanda del tipo ( $i$ )-familia ( $j$ ) durante el período ( $t$ ),  $K_i$  = tiempo de producción requerido por unidad para el tipo ( $i$ ),  $T(i)$  = conjunto de familias pertenecientes al tipo ( $i$ ),  $m_{jt}$  = cota superior de la cantidad de producción para la familia ( $j$ ) durante el período ( $t$ ),  $r_t$  = tiempo de producción regular disponible durante el período ( $t$ ). *Las variables de decisión del modelo son:*  $C$  = horas de tiempo extra de la producción durante el período ( $t$ ),  $I_{it}(FI_{jt})$  = inventario del tipo ( $i$ )-familia ( $j$ ) durante el período ( $t$ ),  $P_{it}(FP_{jt})$  = cantidad de producción del tipo ( $i$ ) - familia ( $j$ ) durante el período ( $t$ ),  $X_{jt}$  = variable 0-1, indica la actualización de la familia ( $j$ ) en el período ( $t$ ).

El procedimiento de solución es basado en Técnicas de Descomposición de Benders, algunas variables en PS, son clasificadas como complicadas, estas son: ( $X_{jt}$ ,  $FI_{jt}$ ,  $FP_{jt}$ ), estas permiten estructurar un problema en el nivel **tipo** y un problema en el nivel de **familia**. Para esta partición de las variables el subproblema de Benders es:

$PSUB_T$

$$Z_{PSUB}(t) = \text{Min.} C_t O_t + \sum_i h_{it} I_{it}$$

$$P = \sum_{j \in T(i)} FP_{jt}, \forall i$$

$$\sum_i K_i P_{it} - O_t \leq r_t$$

$$I_{it} = \sum_{j \in T(i)} FI_{jt}, \forall i$$

$$O_t, I_{it}, P_{it} \geq 0, \forall i$$

Una cota superior en el valor óptimo es proporcionada por el subproblema, cuando la constante  $\sum_j \sum_t S_{jt} X_{jt}$ , es adicionada a

$\sum_t Z_{PSUB}(t)$ , entonces esta es restricción de PS. El subproblema tiene solución primal factible única, esta es encontrada por inspección como:

$$P_{it} = \sum_{j \in T(i)} FP_{jt}, \forall i, t$$

$$I = \sum_{j \in T(i)} FI_{jt}, \forall i, t$$

$$O_t = \text{Max.} \left\{ 0, \sum_i K_i \left( \sum_{j \in T(i)} FP_{jt} \right) - r_t \right\}, \forall t$$

Sean  $U_{it}$ ,  $V_t$ ,  $W_{it}$ , las variables duales correspondientes a las restricciones del primal ordenadas en la formulación  $PSUB_t$ . El problema dual de  $PSUB_t$ , es formulado como:

$DPSUB_t$

$$Z_{DPSUB}(t) = \text{Max.} \sum_i U_{it} \left( \sum_{j \in T(i)} FP_{jt} \right) + V_t r_t + \sum_i W_{it} \left( \sum_{j \in T(i)} FI_{jt} \right)$$

$$U_{it} + K_i V_t \leq 0, \forall i$$

$$-V_t \leq C_t$$

$$W_{it} \leq h_{it}, \forall i$$

$$V_t \leq 0$$

$$U_{it}, W_{it}, \text{irrestringidas}, \forall i$$

El problema dual resolviéndolo por inspección su solución es:

$$W_{it} = h_{it}, \forall i, t$$

$$V_t = \begin{cases} -C_t & \text{si } O_t > 0, \forall t \\ 0 & \text{si } O_t = 0, \forall t \end{cases}$$

$$U_{it} = -K_i V_t, \forall i, t$$

DPSUB, tiene soluciones múltiples dado, ya que la solución PSUB es degenerada. Una alternativa es que  $U_{it}$  y  $W_{it}$  sean cero, si  $\sum_{j \in T(i)} FP_{jt}$  y  $\sum_{j \in T(i)} FI_{jt}$  respectivamente son cero.

En el caso  $O_t = 0$ , puede obtenerse el corte de Benders  $Z_t \geq \sum_i h_{it} (\sum_{j \in T(i)} FI_{jt})$ , donde  $Z_t$ , es una variable auxiliar del

problema maestro de Benders.

Los cortes de este tipo son favorables y son incluidos en el problema maestro. Sea  $U_{it}^*$  y  $V_t^*$ , las soluciones dual correspondientes en el caso  $O_t > 0$ . Ahora bien se asume que PSUB ha sido resuelto para una secuencia de variables proporcionadas y que el caso  $O_t > 0$  puede ocurrir al menos una vez para los periodos  $T^* \subseteq \{1, \dots, T\}$

El problema maestro es escrito como:

PM1

$$Z_{PM} = \text{Min.} \sum_j \sum_t S_{jt} X_{jt} + \sum_t z_t$$

$$z_t \geq \sum_i U_{it}^* (\sum_{j \in T(i)} FP_{jt}) + V_t^* r_t + \sum_i h_{it} (\sum_{j \in T(i)} FI_{jt}), t \in T^*$$

$$z \geq \sum_i h_{it} (\sum_{j \in T(i)} FI_{jt}), \forall t$$

$$FP_{jt} + FI_{j,t-1} - FI_{jt} = d_{jt}, \forall j, t$$

$$FP_{jt} - m_{jt} X_{jt} \leq 0, \forall j, t$$

$$O_t, P_{it}, FP_{jt}, FI_{jt}, I_{it} \geq 0, \forall i, j, t$$

$$X_{jt} \in \{0,1\}$$

Por una sustitución de variable se obtiene el siguiente problema maestro reformulado.

PM2

$$Z_{PM} = \text{Min.} \sum_j \sum_t S_{jt} X_{jt} + \sum_i \sum_t h_{it} (\sum_{j \in T(i)} FI_{jt}) + q_t$$

$$q_t \geq \sum_i U_{it}^* (\sum_{j \in T(i)} FP_{jt}) + V_t^* r_t, t \in T^*$$

$$q_t \geq 0, \forall t$$

$$FP_{jt} + FI_{j,t-1} - FI_{jt} = d_{jt}, \forall j, t$$

$$FP_{jt} - m_{jt} X_{jt} \leq 0, \forall j, t$$

$$O_t, P_{it}, FP_{jt}, FI_{jt}, I_{it} \geq 0, \forall i, j, t$$

$$X_{jt} \in \{0,1\}, \forall j, t$$

El problema maestro es una relajación de PS, entonces  $Z_{PM}$  proporciona una cota inferior de  $Z_{PS}$ , González S. F. (1995), sugieren el uso de relajación lagrangeana como una estrategia adecuada para resolver problemas tipo PM2, de esta forma relajando los cortes de Benders con multiplicadores  $\lambda_t$ , se estructura la función objetivo para el caso como:

$$\text{Min.} \sum_j \sum_t S_{jt} X_{jt} + \sum_i \sum_t h_{it} (\sum_{j \in T(i)} FI_{jt}) + \sum_t q_t + \sum_{t \in T^*} I_t (g_t(FP, FI) - q_t)$$

$$\text{Dónde: } g(FP, FI) = \sum_i U_{it}^* (\sum_{j \in T(i)} FP_{jt}) + V_t^* r_t$$

Cada  $q_t$  es una variable continua no negativa que no aparece en el resto de las restricciones. Tomando como  $\lambda_t \leq 1$ ,  $t \in T^*$ , el coeficiente de  $q_t$  llega a ser no negativo. Entonces el valor óptimo de  $q_t$  puede ser igual a cero en la medida que la función objetivo es minimizada.

La Relajación Lagrangeana de PM2 es formulada como:

## LRPM

$$Z_{LRPM}(\lambda) = \text{Min.} \sum_j \sum_t S_{jt} X_{jt} + \sum_i \sum_t h_{it} \left( \sum_{j \in T(i)} FI_{jt} \right) + \sum_{j \in T(i)} \lambda_t g_t(FP, FI)$$

$$FP_{jt} + FI_{j,t-1} - FI_{jt} = d_{jt}, \forall j, t$$

$$FP_{jt} - m_{jt} X_{jt} \leq 0, \forall j, t$$

$$O_t, P_{it}, FP_{jt}, FI_{jt}, I_{it} \geq 0, \forall i, j, t$$

$$X_{jt} \in \{0,1\}, \forall j, t$$

El objetivo de hacer la relajación de PM, es debido a que el problema resultante LRPM, es separado por familias dentro de un conjunto de problemas de tamaño de lote económico sin restricción de capacidad, este tipo de problema Wagner, Whitin (1958), puede ser resuelto eficientemente usando programación dinámica. A partir de la teoría de dualidad lagrangeana para programación entera, se obtiene que  $Z_{LRPM}$  es una cota inferior en  $Z_{PM}$ . La cota inferior más grande disponible es obtenida por la solución de:

D

$$Z_D = \text{Max.} Z_{LRPM}(\lambda)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1, t \in T^*$$

Que es el dual lagrangeano con respecto a los cortes de Benders relajados. Esta denominación es usada debido a que  $\lambda = \{\lambda_t\}$  juega un rol similar en LRPM con multiplicadores lagrangeanos usuales en el problema continuo. La Función Objetivo dual  $Z_{LRPM}(\lambda)$  es continua, cóncava y piezolinal, es subdiferenciable.

Un procedimiento estándar para resolver el problema dual es el algoritmo de optimización subgradiente, genera soluciones duales de acuerdo a la siguiente regla.

$$\lambda_t^{l+1} = \lambda_t^l + \theta \gamma_t^l, \quad t \in T^*, \quad l = 0, 1, \dots$$

Donde para un valor particular de  $\lambda$ ,  $\gamma = \{\gamma_t\}$  es un subgradiente de  $Z_{LRPM}(\lambda)$  y  $\Theta_1$  es la longitud de paso.

## DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO USADO

1. Asíumase que I T\*I cortes de Benders son generados y que (PM2) es resuelto usando relajación lagrangeana y optimización subgradiente.
2. El vector  $\lambda_t$  es actualizado un predeterminado número de veces de acuerdo a la ecuación.

$$\lambda_t^{l+1} = \lambda_t^l + \theta_1 \gamma_t^l, \quad t \in T^*, l = 0, 1, \dots$$

Para un valor particular de  $\lambda$ ,  $\gamma = \{\gamma_t\}$  es un subgradiente de  $Z_{LRPM}(\lambda)$  y  $\Theta_1$  es el tamaño de paso. En todo momento (LRPM) es resuelto y una cota inferior en  $Z_{ps}$  es proporcionada.

3. Los valores de las variables  $X_{jt}$ ,  $FI_{jt}$ ,  $FP_{jt}$ , obtenidas para la solución de LRPM, son usadas para alimentar a PSUB, mientras el conjunto de variables actualizadas es mejorado para el intercambio heurístico.
4. Las variables dual óptimas hacia PSUB son entonces fundadas en nuevos cortes de Benders así generados. Sin embargo puede suceder que un corte que está ya incluido en PM2, sea generado otra vez como apto. Para el caso se tiene que un corte que ya ha sido generado por supuesto no podrá ser incluido nuevamente en PM2.
5. Una cota superior en  $Z_{ps}$  es dada por el valor obtenido a través del intercambio heurístico para la solución de PSUB y depende de cual es la cota inferior.

En la siguiente iteración, el procedimiento subgradiente para PM2 es continuado de la última solución de LRPM. El procedimiento es inicializado al generar los valores iniciales  $\{X_{jt}\}$ , los cuales indican la cantidad de producto para la familia  $j$ , en el período  $t$ . El algoritmo opera hasta que un determinado número de subproblemas de Benders hayan ido investigados, o hasta que la variación existente entre cota superior e inferior estén suficientemente cercanas, de acuerdo a un parámetro establecido. Las variables duales  $U_{it}$ ,  $W_{it}$  son necesarias como elementos de entrada para la función objetivo de LRPM, las que pueden ser

interpretadas como variables de producción y costos de almacenamiento del inventario para las familias que pertenecen a un cierto tipo de producto.

**CASO DE APLICACIÓN**

Se procesaron problemas que incluían 1,2,y 4 familias para los 8 tipos existentes en el problema, se manejaron 160 productos diferentes (medidas comerciales de madera aserrada) que es posible obtener en el aserradero con las características de abastecimiento citadas. El manejo de una familia en el modelado incluye 5 medidas comerciales diferentes de madera aserrada, por tanto para caso del manejo de 4 familias el número de medidas comerciales diferentes es 20 para cada uno de los tipos que se manejan.

En cada plan de producción obtenido se especifica la medida comercial y su ubicación con respecto a la familia y tipo en que se encuentra, la misma contribuye de forma eficiente en la función objetivo en la minimización del costo, en la satisfacción de la demanda, se especifica el nivel de producción de esta, así como el nivel de inventario en el horizonte de planeación considerado de 12 meses (1 año) de operación, este proceso es dinámico en el análisis, esto le permitirá al empresario definir con claridad su forma de operación de la planta de producción. Se presentara como ejemplo los resultados del plan de producción para el tipo 1, caracterizado por 8' de largo y para 4 familias (diferentes medidas comerciales hechas con las trozas de 8' de largo y los diferentes diámetros que se manejan, de acuerdo a la clasificación de medidas comerciales, citadas en las tablas siguientes, la información del plan es presentada en P.U. (por unidad), para su mejor manejo en el ejemplo.

Medida	Medida	Medida	Medida
1/2"x6"x8	1/2"x8"x8	1/2"x10"x8	1/2"x12"x8
3/4"x6"x8	3/4"x8"x8	3/4"x10"x8	3/4"x12"x8
1 1/2"x6"x8	1 1/2"x8"x8	1 1/2"x10"x8	1 1/2"x12"x8
2"x6"x8	2"x8"x8	2"x10"x8	2"x12"x8
3 1/2"x6"x8	3 1/2"x8"x8	3 1/2"x10"x8	3 1/2"x12"x8

**RESULTADOS**

**PLAN DE PRODUCCIÓN PARA TIPO 1**

T	TIPO I											
	Familia 1			Familia 2			Familia 3			Familia 4		
	D	P	I	D	P	I	D	P	I	D	P	I
1	40	125	0	40	90	0	65	65	0	70	120	0
2	60	0	85	50	0	50	120	120	0	50	0	50
3	25	0	25	50	90	0	120	145	0	100	190	0
4	65	65	0	40	0	40	25	0	25	90	0	90
5	120	120	0	70	120	0	60	120	0	80	120	0
6	120	145	0	50	0	50	60	0	60	40	0	40
7	25	0	25	100	190	0	85	125	0	60	85	0
8	60	120	0	90	0	90	40	0	40	25	0	25
9	60	0	60	80	120	0	40	90	0	65	65	0
10	85	165	0	40	0	40	50	0	50	120	120	0
11	40	0	80	60	85	0	50	90	0	120	145	0
12	40	0	40	25	0	25	40	0	40	25	0	25

T= tiempo (mes), D = Demanda, P = Volumen de Producción en piezas, I = Nivel de Inventario.

La caracterización del tipo de producto, a la familia que pertenece y esta a su vez al tipo que los clasifica para el Plan 1, caracterizado por 8'(pies) de largo en sus diferentes medidas en ancho y grueso de la tabla es presentado en la siguiente tabla.

FAMILIAS	PRODUCTO	t(min)	COSTO (\$)
1	(3/4" x 6" x 8")	.826	3,801.00
2	(1/2" x 8" x 8")		
3	(2" x 10" x 8")		
4	(3/4" x 12" x 8")		

Estos resultados le permiten al empresario tomar decisiones eficientes y eficaces, asociadas al manejo del costo de operación del plan, el volumen de producto y tipo de medidas comerciales que demanda el mercado, así como el buen manejo de un sistema de inventario mínimo óptimo que permita satisfacer las necesidades de mercado en condiciones

de contingencia y tener la menor cantidad de recurso financiero invertida en el.

## CONCLUSIONES

Del Plan de Producción obtenido el Tipo 1, se concluye que para problemas de gran escala el Algoritmo propuesto en el trabajo es eficiente computacionalmente, en 4 iteraciones principales se obtiene la solución, así mismo presenta flexibilidad práctica para la toma de decisiones eficientes en la empresa. Por lo anterior el algoritmo es fácilmente implantado en una PC y presenta una mayor flexibilidad que el software comercial que se tiene en el mercado para la solución de este tipo de problemas.

## 5.2 OPTIMIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el presente apartado se hace el análisis del método Bellman Zadhe, el cual es aplicado para la toma de decisiones en las que existe incertidumbre; ante el dilema de decidir entre  $n$  alternativas existentes y ante el dilema entre seleccionar la más eficiente y eficaz, se hace una aplicación para el caso del arrendamiento de tierra de cultivo.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está integrado por 6 apartados. 1. Introducción, 2. Modelo de Decisión Bellman – Zadhe. En este apartado se enuncia y describe el método central del presente artículo. 3. Caso de Análisis. Se hace una aplicación del método, orientada a la selección de tierra de cultivo, 4. Se presentan los resultados del análisis, 5. Se presentan las conclusiones y recomendaciones del análisis, 6. Bibliografía.

La toma de decisiones en la vida diaria que hace el ser humano, cada vez resulta más compleja, por la dinámica en que vivimos, en la que los altos volúmenes de información, la imprecisión existente en esta y la poca o nula calidad con la que en muchos de los casos se ofrece, hacen que se esté en constante búsqueda de nuevos enfoques para tratar los problemas a los que nos enfrentamos en el día a día; en este sentido las

orientaciones están enfocadas a tratar los problemas en la certeza, en el azar y en la incertidumbre; ante el gran espectro en el que se mueve la información, en el presente trabajo haremos uso de una técnica de análisis que si bien el planteamiento es difuso (borroso), la solución del problema da solución nítida (1 solo número).

El objetivo del presente trabajo es la aplicación de la Técnica de Bellman – Zadhe. (Zadhe L. (1970), Zimmermann H.J. (1996), Lazari L. (2005)), a la toma de decisiones en la incertidumbre, para el caso de decidir la mejor opción de selección un campo de cultivo en el poblado de San Pedro Puruátiro, Municipio de Huaniqueo de Morales, Michoacán, México. En este sentido la herramienta de análisis a usar estará impregnada de la filosofía de análisis basado en la lógica multivalente.

*Gil Aluja J. (1999)*, plantea que en el ámbito de las ciencias económicas, el concepto de *decisión* constituye uno de los términos más usados; para muchos investigadores y analistas la economía es la ciencia de la decisión, dado que en los sistemas económicos se están produciendo procesos de aceleración y desaceleración que no siempre van en el mismo sentido, tienen lugar en su seno tensiones, de distinta naturaleza, que provocan importantes problemas de índole diversa. Estos problemas son consecuencia de la ausencia de una plataforma de futuro con la suficiente estabilidad para establecer procesos de elección con base a la previsión de magnitudes que puedan permitir, por lo menos, acotar el devenir de los acontecimientos. Asimismo, *Gil Aluja J. (2002)*, señala que los ejecutivos de empresas deben tomar decisiones y adoptar estrategias, cuya repercusión económica y financiera no se limita al momento en que son tomadas, sino que se prolonga, en muchos casos, a lo largo de varios periodos. Las dificultades de previsión y estimación de magnitudes, relacionadas con la tarea del ejecutivo, van aumentando cada vez, más como consecuencia de un creciente clima de incertidumbre. En el pasado los acontecimientos transcurrían con lentitud *González Santoyo F. et al. (2001)*; ahora el comportamiento de los sistemas es dinámico y hay que tomar decisiones en tiempo real, con alto nivel de eficiencia y eficacia.

La vida económica, en todas sus vertientes, se halla sumergida en este contexto y las decisiones que se deben tomar en su seno son cada vez más complejas, como consecuencia de la *incertidumbre* en el devenir de los acontecimientos futuros. Así, las disposiciones legales cambian constantemente las reglas del juego. Las influencias económicas externas modifican cada día las expectativas de los seres humanos de acción. La tecnología exige variar cada vez con mayor rapidez los sistemas de producción y distribución. *González Santoyo F. et al. (2003)* establecen

que en el pasado la operatividad de las economías de las empresas, estaba orientada a la administración de los sistemas de producción, posteriormente la orientación operativa estaba dirigida hacia la administración de los mercados. Pero cada vez se hace más necesario hacer una administración más integral que incluya ambos enfoques y optimice su operación. Con esta base las decisiones cada vez requieren de una mayor y de mejor calidad de la información, así como de técnicas de análisis administrativos de alto impacto, más eficientes y eficaces.

Para Kaufmann A. y Gil Aluja J. (1993), en el estudio de un sistema con número finito de estados, se parte de que se tiene un sistema  $S$  en el que los estados, en número finito, son  $\mathcal{E} = \{E_1, \dots, E_n\}$ . Si el sistema se halla, en el momento  $v$ , en un estado  $E_i$  y un operador humano puede decidir y colocarlo en un estado  $E_j$ , se dirá que nos encontramos ante una *decisión*.

Si se producen estas decisiones en los momentos  $1, 2, \dots, v$ , se dirá que el conjunto de estas decisiones constituyen una política. Es importante hacer notar que en una política el sistema solo puede evolucionar a partir de decisiones humanas. Por tanto, una política vendrá definida por una sucesión de estados decididos por el operador humano. Expresado de otra forma, la evolución no se halla sometida ni al azar ni a la incertidumbre. Si es considerada una secuencia de decisiones articuladas nos encontramos frente a una *subpolítica*. La subpolítica se conoce también con el nombre de *táctica*, al conjunto de decisiones secuenciales en los que participa el azar se les denomina *estrategia*. En una estrategia el operador humano razona así: si en un momento  $n$  el azar conduce el sistema de  $E_i$  a  $E_j$ , lo llevaré a  $E_k$ , y esto lo tiene previsto para todos los momentos. Es evidente que todas estas transacciones, para las políticas o para las estrategias, pueden ser tales que se tenga  $E_k = E_j = E_i$ , ya que no se excluye la repetición, más que en casos muy específicos. Si se consideran subsecuencias de una estrategia nos encontramos ante una subestrategia. Cuando la incertidumbre sustituye al azar (dificultad o imposibilidad de obtener frecuencias provisionales), la intervención de la decisión humana y de la incertidumbre adquirirá aspectos diferentes a las decisiones bajo criterios tradicionales.

### MODELO DE DECISIÓN DE BELLMAN – ZADHE

Bellman – Zadhe (1970), presentan un modelo para toma de decisiones en ambientes inciertos se asume que se tiene un objetivo difuso  $G$  y una restricción difusa  $C$  en un espacio de alternativas  $X$ ,

combinados forman una decisión  $\tilde{D}$  que da como resultado un conjunto difuso para la intersección de  $G$  y  $C$ .

Entonces:

$$\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C} \text{ en la misma medida.} \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{D}} = \min \left\{ \mu_{\tilde{G}}, \mu_{\tilde{C}} \right\} \quad (2)$$

Más aún, supóngase que se tienen  $n$  objetivos  $\tilde{G}_i; i=1, 2, \dots, n$  y  $m$  restricciones  $\tilde{C}_j; j=1, 2, \dots, m$ , entonces la decisión resultante es la intersección de las metas y restricciones dadas ( $i = j$ ); esto toma en cuenta que las metas y restricciones deben cumplirse simultáneamente, por lo que esta idea puede ser escrita como:

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n \cap \tilde{C}_1, \dots, \cap \tilde{C}_m \quad (3)$$

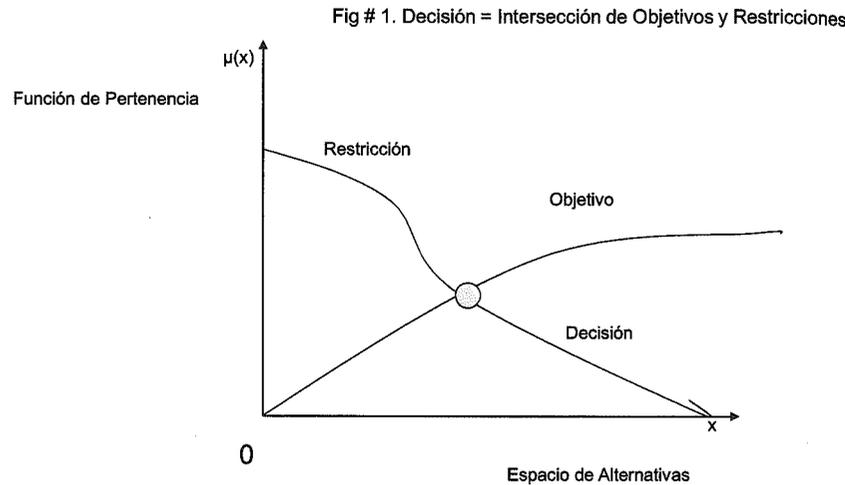
Cuya función de pertenencia es escrita como:

$$\mu_{\tilde{D}} = \min \left\{ \mu_{\tilde{G}_i}, \mu_{\tilde{C}_j} \right\} = \min \{ \mu_i \} \quad (4)$$

Por lo que la solución del problema es representada por:

$$\text{Max. } \mu_{\tilde{D}}(x) = \text{MáxMin} \left\{ \mu_{\tilde{G}_i}, \mu_{\tilde{C}_j} \right\} \quad (5)$$

Ecuación llamada *Decisión Maximizante*. Esta definición tiene sentido puesto que, intuitivamente, equivale a elegir entre las alternativas posibles, aquella que simultáneamente satisfaga los objetivos y las restricciones. Además, si  $m = n = 1$ , es evidente que una decisión difusa es la intersección del objetivo y la restricción considerada en la figura siguiente:



### CASO DE ANÁLISIS

Se tiene un inversionista interesado en rentar tierra para cultivar lenteja. De acuerdo a estudios realizados por especialistas en este cultivo (ingenieros agrónomos), los factores que inciden en el cultivo son el foto período, la temperatura, y los requerimientos de nutrientes. Los expertos recomendaron que es de interés tomar en cuenta las variables: rendimiento por hectárea por tipo de tierra, accesibilidad al mismo,

humedad del suelo, minerales del suelo, temperatura media y localización geográfica.

El conjunto referencial tiene 7 posibles áreas (tierras) de cultivo susceptible de rentar.

$$X = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}$$

La información proporcionada por los expertos sirve como base para la construcción de las funciones de pertenencia, del objetivo y de las restricciones.

- La Función de Pertenencia del Objetivo es expresada como:

$$\tilde{G} = \{(C_1, 0.8), (C_2, 0.2), (C_3, 0.5), (C_4, 0.4), (C_5, 0.7), (C_6, 0.6), (C_7, 0.9)\}$$

- Rendimiento por Hectárea por tipo de campo:

$$\tilde{C}_1 = \{(C_1, 0.8), (C_2, 0.9), (C_3, 0.5), (C_4, 0.4), (C_5, 0.2), (C_6, 0.8), (C_7, 0.9)\}$$

- Accesibilidad al tipo de campo:

$$\tilde{C}_2 = \{(C_1, 0.5), (C_2, 0.4), (C_3, 0.2), (C_4, 0.4), (C_5, 0.5), (C_6, 0.6), (C_7, 0.9)\}$$

- Humedad del Suelo:

$$\tilde{C}_3 = \{(C_1, 0.8), (C_2, 0.2), (C_3, 0.5), (C_4, 0.4), (C_5, 0.7), (C_6, 0.6), (C_7, 0.9)\}$$

- Minerales del Suelo:

$$\tilde{C}_4 = \{(C_1, 0.1), (C_2, 0.6), (C_3, 0.5), (C_4, 0.9), (C_5, 0.7), (C_6, 0.3), (C_7, 0.9)\}$$

- Temperatura Media:

$$\tilde{C}_5 = \{(C_1, 0.2), (C_2, 0.4), (C_3, 0.6), (C_4, 0.8), (C_5, 0.7), (C_6, 0.6), (C_7, 0.5)\}$$

- Localización Geográfica:

$$\tilde{C}_6 = \{(C_1, 0.4), (C_2, 0.2), (C_3, 0.5), (C_4, 0.6), (C_5, 0.7), (C_6, 0.7), (C_7, 0.4)\}$$

## RESULTADOS

Haciendo análisis y aplicando la ecuación (5), la decisión *Fuzzy* es el conjunto de intersección del objetivo y las restricciones expresado como:

$$\tilde{D} = \{(C_1, 0.1), (C_2, 0.2), (C_3, 0.2), (C_4, 0.4), (C_5, 0.2), (C_6, 0.3), (C_7, 0.5)\}$$

Por lo anterior la tierra 7 es la que satisface de mejor forma la ecuación (5), por lo que es recomendable rentar esta, ya que proporcionará una mayor rentabilidad y satisface de manera más eficiente y eficazmente los requerimientos especificados en la problemática de selección de tierras de cultivo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo anterior se concluye que la toma de decisiones en la incertidumbre, para este tipo de problemas es tomada eficientemente a través de herramientas como la mostrada en este trabajo, así mismo se tiene que si bien el problema es planteado en la lógica multivalente la solución puede representarse a través de un número y no de un intervalo como suele ocurrir en la solución de problemas en ambientes inciertos en la incertidumbre. Por lo anteriormente expresado se recomienda ampliamente este tipo de metodología para resolver problemas de forma clara y precisa para este tipo de problemáticas.

### 5.3 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE DECISIONES

La etapa inicial de la formulación consiste:

- Escritura del problema: Deberá tener la fecha de evaluación, más allá de la cual no vale la pena tomar en consideración

ningún acto o evento, el o los objetivos y sus criterios de evaluación, y un diagrama de decisión.

**Criterio de Evaluación:** Definición de un indicador que permitirá medir el logro de un objetivo.

**Diagrama de Decisión:** Debe contener.

- Todos los actos inmediatos entre los que el decisor desea hacer una selección.
- Todos los actos y eventos inciertos futuros que el decisor desea considerar.
- Una rama del diagrama puede representar un acto o evento incierto.
- Los cuadrados representan puntos de decisión.
- Los círculos representan eventos y son puntos de incertidumbre.

Los eventos en un punto de incertidumbre deben ser:

- **Mutualmente Exclusivos:** Indica que solo uno de ellos puede ocurrir
- **Colectivamente Exhaustivos:** Indica que se han considerado todos los eventos que pueden ocurrir.

Esto debe cumplirse para los actos en los puntos de decisión

En cualquier otro punto de decisión los eventos y los actos cuya ocurrencia está perfectamente determinada para el decisor deberán en el diagrama estar situados a su izquierda y todos aquellos que aún son una incógnita deben estar a la derecha.

**Ejemplo:** En el Mpio. de Morelia, se están realizando obras para evitar que una avenida muy grande del Río Grande inunde las colonias Tres Puentes y Prados Verdes. Las obras estarán concluidas dentro de un año. Si hay una inundación las colonias quedarán parcialmente destruidas, pero existirá además el problema de un deslizamiento de tierra que las destruirá totalmente. (Actualmente se está reforestando, pero el avance necesario para evitar el deslizamiento no se tendrá sino hasta dentro de un año).

Con inundación o deslizamiento habrá tiempo suficiente para evacuar a la población, por lo que no habrá pérdida de vidas.

Si no hay inundación no habrá ningún deslizamiento.

El Presidente Municipal de Morelia, puede mandar construir un bordo que protegerá las colonias, pero aumentará la posibilidad de un deslizamiento al desviar el agua. Si hay inundación, el Presidente ha decidido llamar expertos de la UMSNH para conocer su opinión.

Esta opinión puede ser más eficiente si se efectúa una prueba geológica, la cual puede ser costosa.

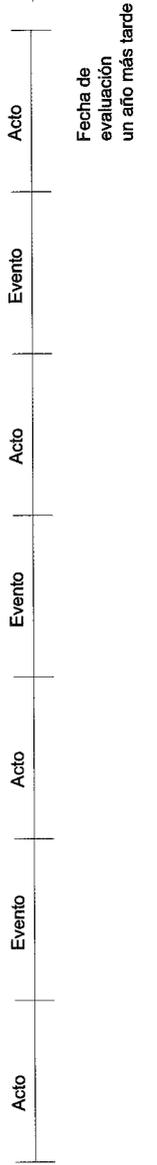
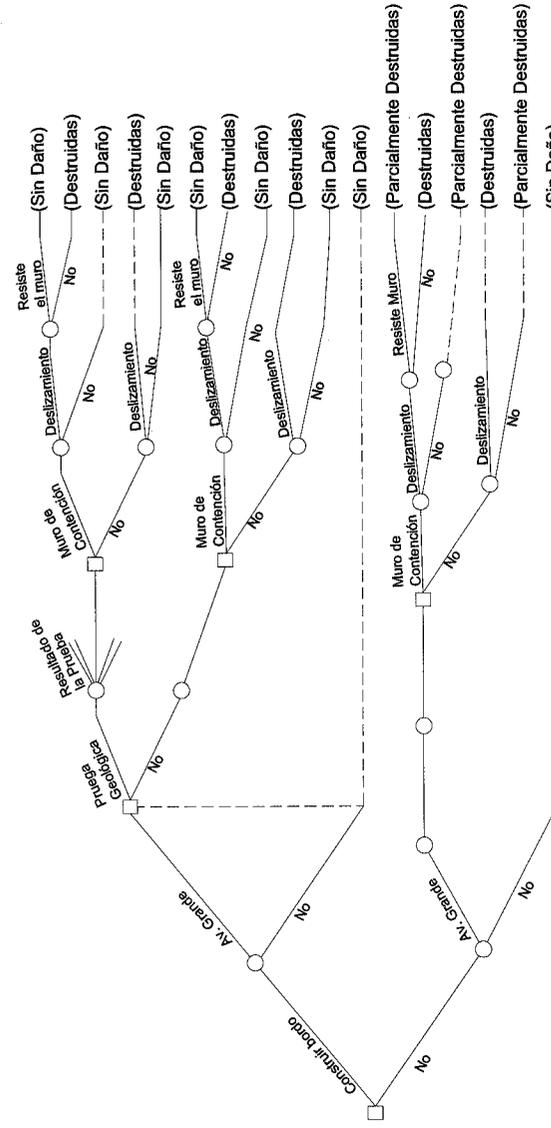
Una defensa posible es construir un muro de contención, aunque no representa una barrera segura, ya que en el pasado se han habido deslizamientos que roto la cimentación de los muros.

Si no se construye el bordo no hay necesidad de la prueba geológica.

Dibujar el diagrama de decisión para el Presidente Municipal y describir las consecuencias monetarias para cada punto terminal.

Estrategias y Modelos para la Toma de Decisiones en la Incertidumbre

Diagrama



### ÁRBOLES DE DECISIÓN

Un árbol de decisión es simplemente un diagrama del problema que tiene el decisor. Los rasgos principales del árbol son puntos de ramificación y cada punto designa una selección de acciones, una de las cuales debe ser tomada por el decisor, o un grupo de resultados con incertidumbre, uno de los cuales ocurrirá.

La simbología básica usada es:



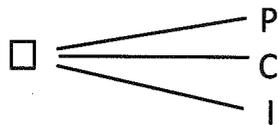
El árbol se desarrolla de izquierda a derecha, con el orden de nudos representando el orden cronológico que el decisor encuentra en las situaciones nodales.

Ejemplo:

Considere el ejemplo del Sr. "W" el cual desea divertirse el fin de semana y puede hacer cualquiera de las siguientes actividades:

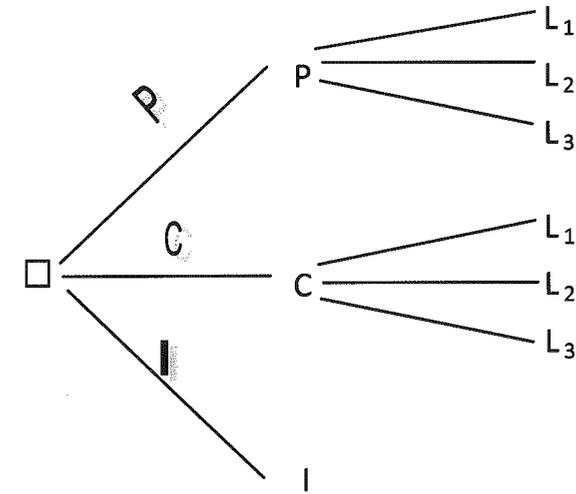
- Ir a Pátzcuaro (P)
- Ir a Cuitzeo (C)
- Ir al cine (I)

Esto puede representarse como:



Si el Sr. "W" selecciona la rama más baja del árbol (selecciona I), no encontrará más situaciones de decisión o de incertidumbre. Su pago es fijo en 2 horas de placer.

Si selecciona (P) o (C) encontrará condiciones de incertidumbre (condición del tiempo), la cual afectará su pago. Entonces el árbol completo es:



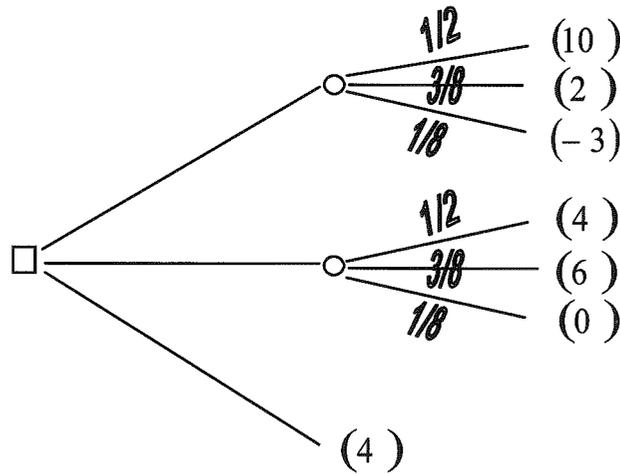
$$L_i = \text{lugar } (i); i = 1,2,3$$

El árbol describe completamente lo que puede ocurrirle al Sr. "W".

El árbol de decisión provee un diagrama útil de un problema de decisión, las reglas básicas para analizarlos son:

- Asignar pagos a los puntos terminales del árbol (costos o pérdidas de oportunidad)
- Asignar probabilidades a los resultados inciertos
- Trabajar de derecha a izquierda a través del árbol calculando su valor esperado en cada nudo de decisión

Aplicando este proceso en el árbol de decisión del Sr. "W" es:



El valor esperado se calcula para cada nudo como:

$$E(X_i) = \sum_{i=1}^n X_i P(X_i)$$

El valor esperado para el nudo 1 es:

$$\begin{aligned} E(X_1) &= \frac{1}{2}(10) + \frac{3}{8}(2) + \frac{1}{8}(-3) = 5\frac{3}{8} \\ &= 0.5(10) + 0.375(2) + 0.125(-3) \\ &= 5 + 0.75 - 0.375 = 5.375 \\ E(X_1) &= 5.375 \end{aligned}$$

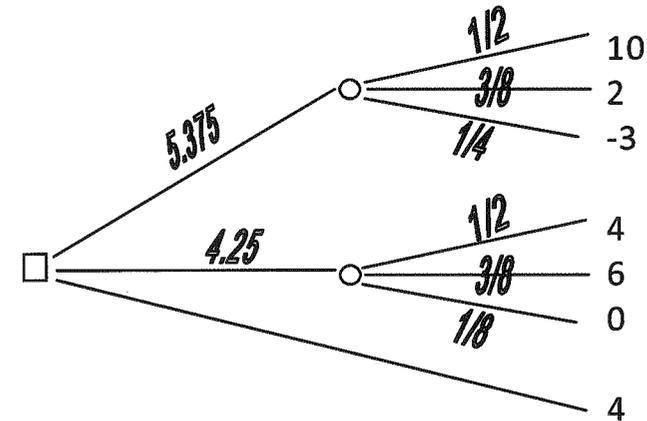
Para el nudo 2 es:

$$E(X_2) = \frac{1}{2}(4) + \frac{3}{8}(6) + \frac{1}{8}(0)$$

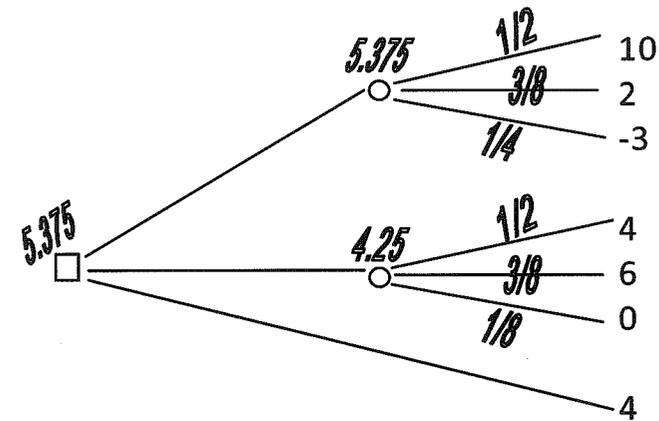
$$= 2 + 0.375(6) = 4.25$$

$$E(X_2) = 4.25$$

El árbol de decisión queda como:



La mejor selección en el nudo de decisión es seleccionar  $E(X_1)$  con el valor mayor de valor esperado, por lo que el árbol de decisión queda:



La mejor acción que seleccionaría el Sr. "W" es ir a Pátzcuaro.

Ejemplo:

El Sr. "J" desea hacer el análisis de compra de un auto, cuando tiene la información:

N = Compra de carro nuevo

U = Compra de carro usado

< 1 = El automóvil usado dura menos de un año

1 - 4 = El automóvil usado dura entre 1 y 4 años

> 4 = El automóvil usado dura más de 4 años

Para su análisis considerar como base la pérdida de oportunidad, para el caso se tiene la información siguiente:

Las matrices de costo y pérdida de oportunidad son:

#### Matriz De Costo

$t_i$	N	U
<1	\$4000	\$5000
1-4	\$4000	\$3000
>4	\$4000	\$2000

#### Pérdida De Oportunidad

$t_i$	N	U
<4	\$0	\$1000
1-4	\$1000	\$0
>4	\$2000	\$0

La matriz de pagos es realmente una matriz de costo.

Para determinar la mejor acción haciendo uso de  $E(X_i)$ , la obtención de probabilidades para los diversos eventos es:

- Supóngase que el Sr. "J" selecciona como el evento más probable al (1-4) y se le asigna un peso de 100.
- Considera además que el nivel de peso (importancia) para (<1 y >4) deberán ser 40 y 60 respectivamente.
- La suma de pesos es  $100+40+60=200$

Por lo que se tiene que:

$$P(<1) = \frac{40}{200} = 0.2$$

$$P(1-4) = \frac{100}{200} = 0.5$$

$$P(4) = \frac{60}{200} = 0.3$$

Por lo que:

$$E(X_N) = 4000(0.2) + 4000(0.5) + 4000(0.3) = 4000$$

$$E(X_U) = 5000(0.2) + 3000(0.5) + 2000(0.3) = 3100$$

La decisión es comprar el carro usado.

La decisión está basada en seleccionar la alternativa de costo mínimo.

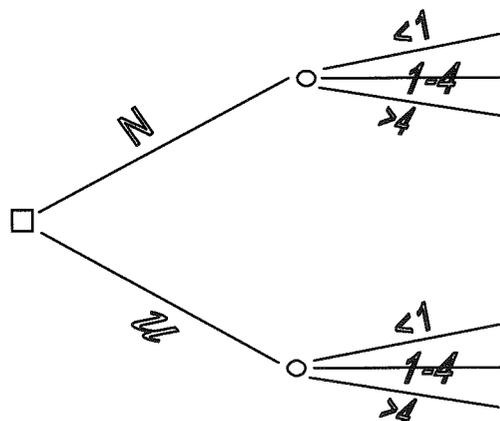
La decisión desde la perspectiva de la matriz de pérdida de oportunidad es:

$$E(X_N) = 0(0.2) + 1000(0.5) + 2000(0.3) = 1,100$$

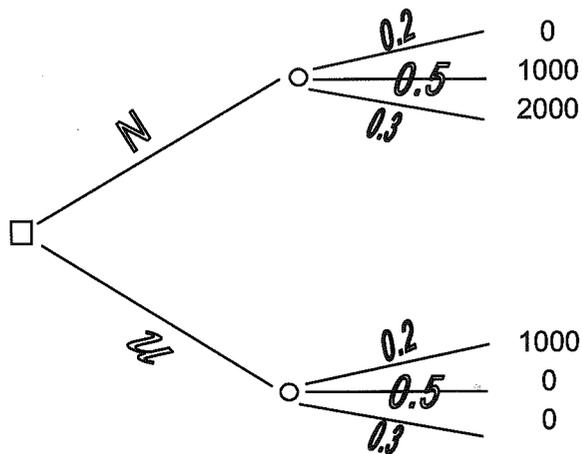
$$E(X_U) = 1000(0.2) + 0(0.5) + 0(0.3) = 200$$

La decisión es seleccionar el carro usado nuevamente.

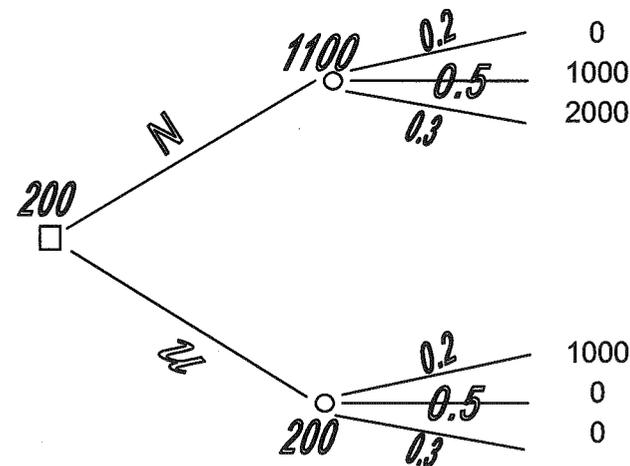
Haciendo uso de árboles de decisión se tiene:



Entonces:



Calculando el valor esperado queda:



Por lo que la pérdida de oportunidad esperada para la mejor acción es 200 por lo que la compra del carro usado para el caso es mejor.

## MODELO DE ASIGNACIÓN

En un caso especial del problema de transporte Bazara M.S. et al. (1990), establece que este problema surge cuando se da la condición de que ( $m=n$ ) y cada  $a_i = 1$  y  $b_i=1$ . A este caso se le denomina *Problema de Asignación*.

Este caso es aplicado cuando la relación  $a_i = b_i$ , lo que implica tener relación **1:1**, comúnmente en la práctica profesional en la empresa se usa para casos entre otros, como:

- Se desea asignar ( $m$ ) trabajos (o empleados – trabajadores) a ( $n$ ) máquinas. Al asignar un trabajo ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) a una estación de trabajo (máquina) ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ), se incurre en un costo asociado ( $C_{ij}$ ).

El objetivo es asignar un trabajo para cada una de las máquinas existentes en el proceso a intervenir, buscando un mínimo costo en la realización del trabajo total que implique la fabricación de un producto o ofrecimiento de un servicio.

La representación tabular del modelo es:

	1	2	...	n	
1	C <sub>11</sub> X <sub>11</sub>	C <sub>12</sub> X <sub>12</sub>	.....	C <sub>1n</sub> X <sub>1n</sub>	1
2			.....		1
...			.....		
m	C <sub>m1</sub> X <sub>m1</sub>	C <sub>m2</sub> X <sub>m2</sub>	.....	C <sub>mn</sub>	1
	1	1	.....	1	

Donde por ejemplo:

$i = 1, 2, \dots, m =$  Trabajadores

$J = 1, 2, \dots, n =$  Máquinas

Para el caso en que el sistema es desbalanceado es necesario incorporar trabajos o máquinas ficticias si ( $m < n$ ; o  $m > n$ ).

El Modelo de Asignación puede ponerse matemáticamente como:

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{si } j - \text{ésimo trabajo no se asigna a la } i - \text{ésima máq.} \\ 1, & \text{si el } j - \text{ésimo trabajo se asigna a la } i - \text{ésima maq.} \end{cases}$$

Por lo que el modelo matemático del problema de asignación es:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

$$\text{s.a. } \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1; i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} = 0, 1; i, j = 1, 2, \dots, m; \text{ para el caso } m = n$$

Para este problema la solución óptima del modelo de asignación permanece igual, si una constante se agrega o se resta a cualquier renglón o columna de la matriz de costo.

Para demostrar lo anterior, considérese. Si ( $a_i$ ) y ( $b_j$ ) se restan del  $i$ -ésimo renglón y de la  $j$ -ésima columna, los nuevos elementos de costo serán:

$$C'_{ij} = C_{ij} - a_i - b_j$$

Por lo que la nueva función objetivo es:

$$\begin{aligned} Z' &= \sum_i \sum_j C'_{ij} X_{ij} = \sum_i \sum_j (C_{ij} - a_i - b_j) x_{ij} \\ &= \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij} - \sum_i a_i \sum_j x_{ij} - \sum_j b_j \sum_i x_{ij} \\ &= \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij} - \sum_i a_i - \sum_j b_j \end{aligned}$$

Se tiene que:

$$\sum_j x_{ij} = \sum_i x_{ij} = 1$$

Por lo que:  $Z = Z_0 =$  Constante

Esto implica en una primera etapa en la solución del problema hacer:

- Restar el elemento más pequeño por renglón y si no es posible hacer asignación 1:1, hacer la misma operación por columna y si se da la condición de asignación 1:1. Se ha llegado a la solución óptima, de lo contrario, aplicar el método desarrollado por el húngaro Denes König y Jenó Egeráry, denominado Método Húngaro.

## 6.1 MÉTODO HÚNGARO

El método consiste básicamente en la modificación sucesiva de filas y columnas de la matriz de efectividad, hasta que se logra por lo menos un cero en cada fila y en cada columna, con el objetivo de hacer la asignación correspondiente de orígenes con destinos.

El teorema en el que se fundamenta este método es:

*“Si una constante es restada de todos los elementos de una fila o columna, el costo de cada una de las ( $n!$ ) Soluciones factibles es reducido precisamente en esa constante”.*

## ETAPAS DEL MÉTODO

- **Etapa 1.** Si el problema original es escrito como uno de maximización, cambiar el signo a cada elemento de la matriz de efectividad e ir a la Etapa 2, si es escrito como un problema de minimización, directamente a la Etapa 2.
- **Etapa 2.** Restar el elemento más pequeño en cada fila y/o columna y verificar si existe asignación 1:1, usando los ceros generados en la matriz de efectividad, si esto ocurre ha llegado a la solución óptima. De lo contrario continuar con la etapa siguiente.
  1. Marcar con ( $\Delta$ ) los ceros en los que se hace la asignación y tachar los demás ceros de la fila y/o columna, en la que se hace la asignación.
- **Etapa 3.** Dibujar un número mínimo de líneas rectas tal que sean cubiertos todos los ceros de la matriz, considerando lo siguiente:
  1. Marcar con ( $\checkmark$ ) todas las filas que no tengan asignación ( $\Delta$ ).
  2. Marcar con ( $\checkmark$ ) todas las columnas que contengan ceros en las filas marcadas.
  3. Marcar ( $\checkmark$ ) todas las filas que tengan asignaciones ( $\Delta$ ) en las columnas marcadas.
  4. Revisar (1,2,3) hasta asegurarse que ninguna fila o columna pueda marcarse.
  5. Dibujar una línea recta a través de cada fila no marcada ( $\checkmark$ ), y también a través de cada columna marcada. Esto aplica con el menor número de rectas cruzar los ceros existentes en la matriz de efectividad.
- **Etapa 4.** De todos los elementos no cubiertos por ninguna línea, seleccione el menor y sustráigalo (réstelo) de los elementos no cubiertos, súmese este valor a los elementos que estén en la intersección de dos líneas.

De esta forma se obtiene una matriz revisada en la que es factible obtener el conjunto de asignaciones deseado que proporcionen una relación 1:1, de lo contrario ir a la Etapa 2 y repetir (3, 4) hasta tener

una relación 1:1 en la asignación, cuando esto ocurra se ha llegado a la solución óptima.

Como medio de explicación tómesese el ejemplo siguiente:

- El gerente de la compañía "W" tiene el problema de instalar 3 diferentes máquinas, para el caso se tienen 4 espacios disponibles. Haciendo uso de la aplicación del manejo óptimo de materiales el costo asociado a cada máquina de instalarse en cada uno de los sitios disponibles es diferente, de igual forma existe el problema de que alguna de las máquinas no se pueden instalar en un sitio determinado debido a conflictos generados en el proceso de producción y estipulados en el lay out recomendado como óptimo para la planta.

En la siguiente tabla se muestran los costos asociados así como los lugares prohibidos para instalar alguna máquina, especificados por (- o M), (filas = máquinas; columnas = sitios). Los valores de la tabla son costos expresados en (miles de pesos/semana).

Máq./ Sitios	1	2	3	4
1	---	3	1	5
2	4	5	2	3
3	3	--	2	7

- Para el caso se desea determinar la asignación óptima, tal que minimice el costo total por manejo de materiales.

Para iniciar con la solución, debe observarse inicialmente que en este caso no existe una relación 1:1 (orígenes = a destinos), por lo que es necesario agregar variables artificiales que simulen los orígenes (destinos) faltantes, asignar costos asociados cero en la fila y/o columna ficticia.

- Al encontrarse la solución óptima, se deberán ignorar las asignaciones que involucren variables artificiales.

Haciendo una matriz cuadrada e incorporando una máquina ficticia, se tiene:

Máq./sitio	1	2	3	4
1	M	3	1	5
2	4	5	2	3
3	3	M	2	7
4	0	0	0	0

Restando el elemento más pequeño de cada fila se tiene:

Máq./sitio	1	2	3	4
1	M	2	0	4
2	2	3	0	1
3	1	M	0	5
4	0	0	0	0

Verificar si es posible hace asignación 1:1, de lo contrario, restar el elemento más pequeño de cada columna, y si no es posible hacer la asignación 1:1, continuar con el método húngaro como se muestra.

Máq./sitio	1	2	3	4
1	M	2	0	4
2	2	3	0	1
3	1	M	0	5
4	0	0	0	0

Quedando:

Máq./sitio	1	2	3	4
1	M	1	0 (Δ)	3
2	1	2	0	0 (Δ)
3	0 (Δ)	M	0	4
4	0	0	1	0

La asignación óptima para instalar las máquinas, que garantiza el mínimo costo en el manejo de materiales es:

Máquina	Sitio
1	3
2	4
3	1

Con un valor en la función objetivo de:

$$Z = 1000 + 3000 + 3000 = 7\ 000.00 \text{ \$/semana.}$$

**Ejemplo:** Para ordenar fácil y eficientemente problemáticas del tipo de de **asignación de personal**, dada su estructura. Pardo Lendro (1987) hace uso de algoritmos más eficientes que el método simplex.

Uno de los métodos es el llamado Método Húngaro, así llamado en honor al húngaro Everváry. Bazaraa M.S., Jarvis John J. (1994), establecen que es un caso especial del problema de transporte (ver ejemplo 1.), que surge cuando  $m = n$  y cada  $a_i = 1$  (oferta), y  $b_i = 1$  (demanda). A este caso especial se le llama problema de asignación.

Para el caso supóngase que se tienen  $m$  individuos y  $n$  trabajos; si el individuo  $i$  es asignado al trabajo  $j$ , se incurrirá en el costo  $C_{ij}$ . Para el caso se desea encontrar el costo mínimo de asignar los individuos a los trabajos. En cada solución básica factible  $X_{ij} = 1$ , significa que el individuo  $i$  ha sido asignado al trabajo  $j$ , y  $X_{ij} = 0$  indica que el individuo  $i$  no está asignado al trabajo  $j$ .

En este modelo en particular, las restricciones del problema admiten exactamente  $m$  variables positivas en cada solución básica factible. El número de variables básicas es  $2m-1$ .

El modelo matemático representativo del caso es:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij}$$

s.a.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = 1, \quad j=1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1, \quad i=1, \dots, m$$

$$X_{ij} = 0,1 ; \quad i,j=1, \dots, m$$

Matricialmente el problema se presenta como:

$$\text{Min. } Z = C X$$

$$\text{s.a. } AX = 1$$

$$X = 0,1$$

El algoritmo usado para su solución, llamado *Algoritmo Húngaro*, de forma complementaria a la explicación hecha en este apartado con anterioridad se tiene:

### Etapa Inicial

Para cada fila de la matriz de costos, réstese el mínimo de sus elementos a cada elemento en esa fila, para cada columna de la matriz resultante, réstese a cada elemento en esa columna el mínimo de sus elementos. El resultado será una matriz reducida.

### Etapa Principal

1. Trace el mínimo número de líneas sobre las filas y las columnas para cubrir todos los ceros en la matriz reducida. Si el mínimo número de líneas es  $m$ , se dispone entonces de una solución óptima. En caso contrario siga al paso 2.
2. Seleccione el mínimo elemento no cubierto. Réstese este elemento a cada elemento no cubierto y súmelo a cada elemento cubierto por las líneas, solamente en los puntos de intersección. Regrese al paso 1. Repita lo anterior hasta que sea posible hacer asignaciones 1:1, en este momento se tiene la solución óptima.

La base para las segunda etapa es tomada de acuerdo con el teorema de Köning, dice: En una matriz cuadrada de elementos  $a_{ij} = 0$  o 1.  $i, j = 1, 2, \dots, n$ , el número máximo de ceros que se podrán obtener de manera que ninguno de ellos esté en la misma fila o columna que uno de los demás, coincide con el mínimo número de líneas (verticales u horizontales) que se necesitan para cubrir todos los ceros de la matriz.

Como medio de explicación del algoritmo se tomará una base los datos tomados de Sasieni et al. (1982).

- El jefe de un departamento de la compañía **W** tiene 4 empleados, y 4 tareas que deben llevarse a cabo. Los empleados difieren en eficiencia, y las tareas difieren en su dificultad intrínseca. Las estimaciones que hace el jefe del tiempo que se lleva cada hombre para realizar cada tarea se dan en la matriz de efectividad mostrada en la tabla siguiente.

El problema es, cómo deben asignarse las tareas, para hacer mínimo el total de horas - hombre.

TAREA/ TRABAJADOR	1	2	3	4
A	8	26	17	11
B	13	28	4	26
C	38	19	18	15
D	19	26	24	10

Se tiene que existen  $4! = 24$  conjuntos de asociaciones posibles que satisfacen estas condiciones.

Aplicando la metodología anterior la solución viene dada como sigue:

TAREA/ TRABAJADOR	1	2	3	4
A	0⊕	14	9	3
B	9	20	0⊕	22
C	23	0⊕	3	0
D	9	12	14	0⊕

Los ceros en los que aparece ⊕, son los puntos en que se deberá hacer asignaciones. Esto cumple con la relación 1:1, y hace mínima la función objetivo, por lo que será la política que consuma el menor tiempo para realizar el conjunto de tareas que conformarán la producción de un bien.

Es decir, la política óptima será:

TAREA	TRABAJADOR
A	1
B	3
C	2
D	4
<b>FUNCIÓN OBJETIVO ( Z ) = 41 Unidades de Tiempo</b>	

- **Ejemplo:** En la empresa "Y" se tiene que realizar la producción especificada en la tabla siguiente, la misma se deberán desarrollar en 4 máquinas de que dispone la empresa, para ello el área de ingeniería industrial ha determinado el tiempo de producción en por unidad (hrs), en cada máquina, mostrado como:

PEDIDOS	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	CANTIDADES DE PEDIDOS (unidades)
A	0.4	0.25	0.2	0.3	30
B	0.6	0.4	0.5	0.6	25
C	0.5	0.3	0.2	0.4	45
D	0.3	0.4	0.2	0.25	50

Es importante hacer notar que la programación es una de las etapas más importantes de la planeación de un sistema de producción intermitente. Las principales etapas de la programación de un pedido son el análisis, la distribución y la coordinación de los trabajos, el establecimiento del calendario, el lanzamiento, el control y seguimiento de los trabajos y la reactivación de los trabajos críticos. La optimización se usa para obtener la distribución de los trabajos, permitiendo maximizar la utilización de los recursos humanos y materiales, con orientación a la obtención de un máximo nivel de utilidad financiera en su operación.

Para el caso se desea minimizar el tiempo empleado en la producción y hacer la asignación óptima de trabajo (pedido) a cada estación de trabajo para lograr el nivel de producción deseada.

Haciendo uso del método húngaro se tienen los niveles de producción por máquina:

PEDIDOS	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4
A	12	7.5	6	9
B	15	10	12.5	15
C	22.5	13.5	9	18
D	15	20	10	12.5

Restando el elemento más pequeño por fila se tiene:

PEDIDOS	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4
A	6	1.5	0	3
B	5	0	2.5	5
C	13.5	4.5	0	9
D	5	10	0	2.5

Ahora restando el elemento más pequeño por columna se tiene:

PEDIDOS	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4
A	1	1.5	0	0.5
B	0	0	2.5	2.5
C	8.5	4.5	0	6.5
D	0	10	0	0

Aplicando el método húngaro se tiene:

PEDIDOS	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4
A	0.5	1	0	0
B	0	0	3	2.5
C	8	4	0	6
D	0	10	0.5	0

Por lo que la asignación óptima de pedido es:

PEDIDO	MÁQUINA
A	4
B	2
C	3
D	1

## 6.2 PROBLEMAS PROPUESTOS

1. En la FCCA de la UMSNH, en la academia de matemáticas, te ofrecen los cursos de Investigación de Operaciones (IO), Estadística (E) y Matemáticas Financieras (MF), para ello se dispone de  $n$  profesores capaces de impartir tales asignaturas, pero de acuerdo a las diferentes cargas horarias asignadas para el próximo semestre solamente se dispone de 3 profesores de tiempo completo para impartirlas, los cuales dada su experiencia docente, el número de horas necesarias para preparar la clase no es constante en un curso. En la Academia de referencia se desea encontrar la mejor forma de asignar profesores a las asignaturas de referencia, de tal forma que se minimice el tiempo total de preparación de clase, siguiendo la política que hoy se maneja en dicha dependencia universitaria, de que un curso solo se asigne a un profesor (al que tenga las mejores condiciones académicas).

En la tabla siguiente se tienen las horas que dedican los profesores a la semana en la preparación de cada asignatura.

Profesor	IO	E	MF
1	6	5	7
2	7	4	8
3	4	6	9

Obtener la solución óptima de asignación de profesor a asignatura tal que se garantice minimizar el esfuerzo en preparación y ofrecer una mejor calidad académica en la impartición de los cursos.

2. El Gerente del área de Ingeniería Industrial de la Empresa "W", se tiene el problema de instalar 3 diferentes máquinas, para ello se dispone de acuerdo a su lay out de 3 sitios. Para ello se ha realizado un estudio de manejo de materiales y el costo asociado a cada máquina si se instala en cada uno de los sitios de referencia, además se ha detectado de que alguna de las máquinas no se puede instalar en algún sitio determinado debido a conflictos generados en el proceso de

producción, los tiempos para realizar el proceso completo de producción de instalar las máquinas en los sitios de referencia es el mostrado en la tabla siguiente están en (minutos de proceso en cada etapa):

Mqs./Sitios	1	2	3	4
1	X	3	1	5
2	4	5	2	7
3	3	X	2	7

Determinar la asignación óptima de maquinaria – sitios, tal que se minimice el costo total por el manejo de materiales.

3. En FeGoSa – Ingeniería Administrativa S.A. de C.V., se tiene el problema de asignar los trabajos de cierto día en la empresa "X" a varias máquinas. Todas las máquinas pueden hacer todos los trabajos, pero con distinta eficacia. Se considera, además, que el costo de preparación de cada máquina para cada trabajo, que varía en función de aquello para lo cual la máquina estuviera preparada y el trabajo que se le asigne. Los costos en (p.u) expresados son el costo total relacionado de (cada trabajo- preparación), estos se muestran en la siguiente tabla.

Máq./Trab,	1	2	3	4	5	6
1	90	45	115	28	10	61
2	70	68	130	45	31	52
3	20	50	105	25	20	45
4	115	95	150	80	30	40
5	70	80	210	50	45	15
6	85	28	100	44	25	50

Determinar la asignación de maquinaria óptima, que proporcione el costo mínimo.

4. Resuelva el modelo de asignación siguiente.

3	8	2	10	3
8	7	2	9	7
6	4	2	7	5
8	4	2	3	5
9	10	6	9	10

5. Se tiene el problema de asignar cuatro trabajadores a cuatro máquinas. Los costos de asignación en unidades monetarias se dan en la tabla siguiente. El trabajador 1 no puede asignarse a la máquina 3, el trabajador 3 no puede asignarse a la máquina 4, encontrar la política de asignación del personal óptima.

Trab./Maq.	1	2	3	4
1	5	7	X	5
2	7	6	2	6
3	12	9	13	X
4	8	4	19	7

## LA TEORÍA DE LA INCERTIDUMBRE EN LA SELECCIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS HUMANOS EN LA EMPRESA

### INTRODUCCIÓN

El tratamiento y caracterización de la selección del capital intelectual (recursos humanos) cada día cobra mayor importancia por que es un elemento estratégico dentro de las organizaciones, tanto públicas como privadas. El presente trabajo se estructura en cuatro secciones, en la primera, se establecen las bases por considerar que el recurso humano es un elemento estratégico para proyectar a la empresa como un ente (elemento) fundamental de apoyo al desarrollo de los pueblos y las empresas, se abordara el presente análisis, para la planeación de los recursos humanos, se requiere, el reclutamiento y la selección bajo los criterios existentes en la teoría de la certeza y el azar. En la segunda sección se caracteriza esta problemática bajo la apreciación de su tratamiento en la incertidumbre. En la tercera sección, como vehículo de explicación se presenta un caso de aplicación, para hacer una selección eficiente y eficaz del recurso humano en la empresa haciendo uso de la teoría de la lógica difusa. En la cuarta sección, se presentan los resultados obtenidos a través de la aplicación de las distancias de *Hamming*, *Euclidiana* y el referencial de *Minkowski*, así como la presentación de la de *Mahalanobis*.

### 7.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RECURSOS HUMANOS

la *Planeación de los Recursos Humanos*, de acuerdo con Wayne Mondy R., et al. (1997). La Planeación de los Recursos Humanos es el proceso de revisar sistemáticamente los requerimientos de recursos humanos, con el fin de asegurar que el número requerido de empleados,

con las habilidades requeridas, este disponible cuando se necesite. Este concepto hoy día cobra fundamental importancia, debido a que uno de los grandes desafíos que tiene la empresa para implantar estrategias corporativas esta en aplicar y consolidar un capital intelectual que le de soporte a la organización, para emprender cualquier reto.

La Planeación de los Recursos Humanos significa acoplar la oferta interna y externa de personal con las vacantes que se tengan en la empresa, en un período de tiempo específico. Sin embargo en la vida real existe un creciente desacoplamiento entre los puestos vacantes (que se crean) y las personas calificadas disponibles para ocuparlos. Por esta razón y otras más, es necesario el diseño de estrategias eficientes para incorporar el mejor personal a puestos y pueda ser competitivo para todo tiempo, obteniendo altos niveles de competitividad.

En este sentido Gómez C. G. (1994) y González Santoyo F., et al. (2003). Establecen que toda empresa, para alcanzar eficientemente el logro de sus objetivos, necesita entrar en un proceso de planeación de actividades, para tomar buenas decisiones, en el marco de una actuación adecuada lograr sus objetivos y posicionarse como una administración competente de orden mundial.

Actualmente, en el mundo cambiante en el que se desarrollan las empresas de acuerdo con Flores Romero B. (2002), lleva consigo la necesidad de realizar una planeación de alto impacto en la empresa, por todos los cambios en la tecnología, la competencia, la sociedad y la economía principalmente.

Así mismo Milkovich G. T., Bodreu T. W. (1998), establecen que la Planeación de los Recursos Humanos, consiste en recopilar y usar información para apoyar las decisiones acerca de invertir recursos financieros en las actividades de recursos humanos. Las ventajas de la Planeación de los recursos humanos de acuerdo con Wether W. B., Davis K. (2000), es importante considerar aspectos como: tener una mejor utilización del personal de la empresa, permitir que los esfuerzos del departamento de personal y los objetivos globales de la organización se establezcan sobre bases congruentes, lograr considerables economías en las contrataciones de personal, enriquecer y mejorar la actual base de datos de información de personal, lo que permite apoyar a distintas áreas de la empresa, coadyuvar a la coordinación de varios programas, como la obtención de mejores niveles de productividad gracias a las aportaciones de personal mejor capacitado y motivado.

Es de fundamental importancia para toda la empresa obtener para cada puesto de trabajo la participación de expertos que de acuerdo

con Kaufmann A., Gil Aluja J. (1986), Gil Lafuente J. (2002), González Santoyo et al. (2001), las estimaciones formuladas por expertos en el área de trabajo, se basan en las opiniones que emite un grupo de personas ampliamente familiarizadas con las necesidades y características de los recursos humanos requeridos a futuro en la organización, y apoyar así a los gerentes de reclutamiento, selección y contratación.

El *reclutamiento*, Para Wayne Mondy R., et al. (1997), el Reclutamiento se establece como el proceso de atraer individuos de manera oportuna, en número suficiente y con los atributos necesarios, y alentarlos para que soliciten los puestos vacantes en una organización. Tomando como base este proceso, se podrán seleccionar los mejores recursos humanos.

Es común que el proceso de reclutamiento con frecuencia comience cuando un administrador inicia una requisición de empleados, dicha requisición indica el nombre del puesto, el departamento, la fecha en que se necesita que se presente el empleado al trabajo, con la información relacionada con el nombre del puesto y sus requerimientos, el gerente de recursos humanos puede referirse a la descripción apropiada del puesto para determinar los atributos que necesita la persona que se va a reclutar.

Los métodos más utilizados para el reclutamiento de personal son: los concursos por el puesto, la comunicación pública de necesidades de empleados (publicidad), agencias de empleo públicas y privadas, los reclutadores, eventos especiales, la estancia laboral, compañías que buscan ejecutivos, asociaciones profesionales, referencias de empleados, solicitantes no buscados que se presenten por iniciativa propia, bases de datos de reclutamiento/sistemas automatizados de rastreo de solicitudes.

En el proceso de *Selección*, el primer cuestionamiento que se haría en este proceso, es el de ¿de qué forma se seleccionaría un trabajador para el puesto "W"?. El proceso de reclutamiento empleado ha traído a un grupo de candidatos en apariencia brillantes y calificados, pero solo cuenta con pocas vacantes que ocupar. De acuerdo con Wether W. B., Davis K. (2000), el proceso de selección del personal para una compañía, toma como base los tres elementos siguientes:

1. La información que brinda el análisis del puesto proporciona la descripción de las tareas, las especificaciones humanas y niveles de desempeño necesarios.
2. Los planes de recursos humanos a corto y largo plazo, que permitan conocer las vacantes futuras con cierta precisión y

también conducir el proceso de selección en forma lógica y ordenada.

3. Los candidatos que son esenciales para conformar un grupo de personas entre las cuales se pueda escoger.

Estos tres elementos son base para hacer efectivo el proceso de selección. El proceso de administración de recursos humanos dependen en gran medida del proceso de selección. Wether W. B., Davis K. (2000), ubica este proceso en 4 etapas secuenciales descritas como: 1). *Elementos*; en la que se especifica de forma clara el análisis del puesto, los planes de recursos humanos, los candidatos. 2). *Desafíos*; se estudian y se describen los desafíos que se tienen en el proceso. 3). *Proceso de Selección*. 4). *Actividades de Recursos Humanos*; en este aspecto trata la orientación, capacitación, desarrollo, planeación del desarrollo profesional, compensación, relaciones laborales, integración grupal.

Para Milkovich G. T., Bodreu T. W. (1998), el proceso de selección y contratación de personal, lo establece como una serie de filtros ubicados de forma secuencial como: ubicación de la población del mercado laboral, reclutamiento, aspirantes, selección, empleados contratados, retención, empleados a largo plazo.

Para Wayne Mondy R., et al. (1997), el proceso de selección tiene como envolventes el ambiente interno y externo y el proceso de selección en este contexto tiene relación en cada etapa con solicitudes rechazadas e inicia con: individuo reclutado, entrevista preliminar, revisión de solicitudes y currícula, pruebas de selección, verificación de referencias y antecedentes, decisión de selección, examen físico, individuo contratado.

Por lo tratado anteriormente se puede establecer que en esta etapa de la planeación de los recursos humanos en una empresa refiriéndonos a la selección, que es la parte central de este trabajo es muy importante conocer todos los atributos con que cuenta cada puesto que existe en la empresa. En el presente artículo tomaremos como base para la selección de recursos humanos los enfoques más potentes de la teoría clásica, como los citados anteriormente y a partir de ello haremos una extensión a teoría haciendo uso de la lógica difusa y aplicándolos a una empresa de mensajería y paquetería, nacional e internacional. Los elementos que habrá que considerar como base para el análisis en la incertidumbre son descritos como:

## 7.2 CARACTERIZACIÓN TEÓRICA EN LA INCERTIDUMBRE DE LA SELECCIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS

Los elementos *Psicosociales* mínimo necesarios que se recomienda tomar en consideración en el análisis son:

- Comportamiento emprendedor
- Buen nivel de socialización
- Nivel intelectual
- Nivel cívico cultural
- Vida sana y equilibrada
- Fuerza mental
- Nivel de disciplina y seriedad
- Capacidad de liderazgo
- Grado de personalidad (impermeable a las influencias perniciosas)
- Reconocimiento y fidelidad a la empresa

Los *Elementos Físicos* mínimos necesarios son:

- Aptitud física (examen médico de tipo general)
- Propensión a las enfermedades comunes (resfriados, gripes, etc)
- Nivel de recuperación a enfermedades comunes
- Rapidez en la aparición de cansancio

De acuerdo con Gil Lafuente J. (2002), se consideran los elementos académicos, experiencia y técnicos, para la selección del personal en las empresas se requiere previamente tratar los aspectos siguientes:

1. Cada una de las posiciones en la empresa debe ser ocupada por un profesional, al cual se le solicitan unas determinadas cualidades, características o singularidades, a un cierto nivel.
2. Las características pueden ser distintas según el puesto que se analiza.

3. El nivel requerido para cada cualidad, característica o singularidad no tiene por qué ser el mismo para todos los puestos de los que consta la empresa.

Las etapas del esquema sugerido para la selección de los Recursos Humanos son:

- 1ª. Elaborar el *perfil ideal* de cada puesto de la empresa. De tal forma que el solicitante se identifique con la posición vacante, así como con su cualidad, características o singularidad.
- 2ª. Establecido el proceso de reclutamiento, se tiene un número suficiente de solicitantes para cada puesto existente en la empresa, de acuerdo con el perfil ideal y del candidato a ocupar la vacante en la empresa.
- 3ª. Definición del perfil de cada aspirante a la vacante del puesto en la empresa.
- 4ª. Aplicación de técnicas de Lógica Difusa para evaluar cada aspirante y determinar en qué puesto es apto.

Para el caso en que la evaluación realizada en la 4ª etapa es más próxima al *perfil ideal* buscado, el personal que cumpla de mejor forma esta característica, será el mejor situado para prestar sus servicios en la empresa que está contratando. Cuando más alejada está la evaluación de una persona con respecto del perfil ideal, no será recomendable su contratación desde la perspectiva técnica.

La asignación del nivel de sus capacidades, tomando en cuenta que la estimación del grado en que cada aspirante a ocupar la vacante posee de cada una de las cualidades, características o singularidades, este se hace realizando valuaciones en números del intervalo  $[0,1]$ .

De acuerdo con Gil Aluja J. (1986), el factor trabajo constituye uno de los elementos más importantes que intervienen en la actividad de las empresas. Su estudio ha sido realizado a través de ángulos muy diversos y en él han intervenido psicólogos, sociólogos, políticos, juristas, economistas, entre otros. Se considera hoy día que un buen equipo humano de trabajo es el activo máspreciado de una colectividad, así como de una empresa.

Los integrantes de los equipos con su trabajo son los que las llevan a las empresas al éxito o bien al fracaso, por estas consideraciones se tiene que para ellas es primordial formar y captar un capital intelectual de excelencia que le de soporte para su desarrollo y posicionamiento como una organización de orden mundial y líder del mercado en su ámbito de desarrollo.

En el proceso de selección es necesario comprender y comprenderse, para elegir los mejores recursos humanos que puedan encontrar en sus actividades, satisfacción para el hoy día y una efectiva esperanza para el mañana.

De esto surge la interactividad entre seres humanos en las organizaciones, además ser humano-máquina, así como máquina-máquina. Es necesario crear armonía y sinergia, conocer las posibilidades y limitaciones, admitir la flexibilidad y la incertidumbre.

Autoridad y libertad no son términos opuestos, sino que inducen a pensar en la necesaria playa de entropía social y psicológica.

En este trabajo nos apoyamos fuertemente en los trabajos del Dr. Jaume Gil Aluja, en los que asevera que en muchos análisis como el del presente, existen muchas dificultades, tensiones, rechazos y enfrentamientos, que nacen de una ausencia de comunicación y también de una "*ausencia semántica*". En este enfoque se rechazará la decisión orientada al todo o nada que en este contexto implicaría seleccionar a un ser humano o rechazarlo, el trabajo está basado en la aplicación y uso de la lógica difusa, con la que se puede tener un nivel de matización eficiente y se puede situar a los demás, sin hostilidad.

El objetivo de la aplicación de este enfoque es el de proporcionar información alterna a la proporcionada por la teoría clásica, lo que permitirá tener una toma de decisiones más eficiente y eficaz en la selección de recursos humanos en la empresa.

Este tipo de enfoque proporciona una modernización de los métodos de planeación y administración de los recursos humanos, estos modelos son orientados a casos como: la calificación, la posibilidad de cambiar las tareas, la educación permanente hacia las nuevas actividades que se den en el futuro, los aspectos psicológicos, sociológicos, la reducción del paro, el tiempo parcial, el trabajo a domicilio, la promoción social, la armonía entre los diversos grupos de personal, las consecuencias para la familia del trabajador entre otras. Lo anterior no es "*para el mejor de los mundos, sino para un mundo mejor*".

Para que sea adecuado ubicar a los seres humanos (trabajadores), a las competencias y a las actividades, una ubicación adecuada, habrá que pasar de la semántica verbal a una correspondencia con una semántica numérica. Habrá que aceptar que esta transferencia de la semántica verbal a la semántica numérica es subjetiva, exceptuando ciertos casos particulares en los que es posible la medida.

La objetividad no es más que la subjetividad de un grupo humano suficientemente numerosos o poderoso, e incluso hábil en la

manipulación de los medios de comunicación. Ni siquiera la propia ciencia puede pretender, en sí misma, la objetividad, como lo estableciera A. Einstein, a través de su teoría de la relatividad. Sin embargo, será necesario incorporar el aprendizaje y la expertiz, cercana o alejada de nosotros, para podernos situar en un contexto en el cual podamos acercarnos a la verdad con respecto a un referencial aceptado, Spendolini M. J. (1992).

La caracterización de la competencia del candidato, de acuerdo con Gil Aluja J. (1996). Considerando inicialmente un empleo vacante se tiene que el mismo por su propia característica exige un mínimo necesario de cualidades o competencias, constituidas por conocimientos, aptitudes psicológicas, aptitudes de comunicación. Esta lista de cualidades será distinta y se estructurará de acuerdo con el puesto vacante que exista en la empresa. Esta puede ser presentada, como un subconjunto difuso referencial que es finito. El mismo es expresado como:

$$\text{Sea: } C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\} = \{c_i\}$$

Donde:

C = Subconjunto de competencias

$c_i$  = cualidad o competencia (i) ;  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$c_i \in C$ ,  $c_i$ ; no se califica numéricamente mediante 0 o 1, estas dan lugar a una función de pertenencia, declarada como:

$\mu_{c_i} \in \{0, 1\}$ , es declarado como un subconjunto difuso.

Si alguna cualidad o competencia no es exigida bastará con eliminarla de (C).

Una vez establecido el subconjunto difuso, el proceso consiste en comparar las cualidades o competencias exigidas para cada puesto vacante de trabajo "la conformación ideal" con las poseídas con cada uno de los candidatos al mismo, de esta forma se podrán obtener valores numéricos para el subconjunto difuso expresado anteriormente, en la "escala semántica endecadaria" citada de acuerdo con lo estipulado por el prof. Gil Aluja J. (1996), la misma para el presente trabajo es modificada como se presenta a continuación:

Tabla # 1: Escala Endecadaria Referencial

INDICADOR	CALIFICACIÓN
1	Perfecto
0.9	Muy bueno
0.8	Bastante bueno
0.7	Bueno
0.6	Casi bueno
0.5	Regular
0.4	Casi malo
0.3	Malo
0.2	Bastante malo
0.1	Muy malo
0	Pésimo

Para cubrir un perfil ideal de un puesto de trabajo son necesarias las explicaciones descritas a continuación:

Para el proceso de cubrir una vacante en una empresa, inicialmente se establece un perfil ideal y se estudian los (n) perfiles que se hallan más próximos a él, obtenidos en la etapa previa de reclutamiento de personal.

Tomando como referencia el perfil ideal se determina la selección del o de los otros perfiles de interés para que cubran la vacante en un puesto de trabajo en las empresas.

En el presente trabajo se hace uso de previsiones de los atributos o propiedades que debe cubrir un ser humano para ocupar un puesto de trabajo en una empresa, para el caso se ha partido de hacer estimaciones inciertas, por lo que es relevante conocer las distancias que separan dichas previsiones, estas reflejan el comportamiento de cada candidato de interés para ocupar puestos en la empresa, que en lo sucesivo lo denominaremos (Profesional), representado por  $P_i$ , por lo anterior se hará uso de la *distancia*, esta la podemos conceptualizar como un hecho físico, así mismo como un elemento de un modelo matemático aplicable a diversas situaciones empíricas como la selección la selección de recursos humanos.

Partiremos de que la distancia no es un concepto perteneciente al mundo físico. Así puede suceder, como de hecho empieza a ocurrir ya que se tienen a mano mapas comportamentales, establecidos como un conjunto de atributos o características que definen un perfil de puesto en el caso de estudio, en este contexto la distancia sigue jugando un papel de plena validez matemática.

Estos mapas comportamentales representan interacciones del ser humano con el medio ambiente empresarial y por supuesto se fundamentan en los modelos matemáticos sólidos al igual que los mapas físicos.

Para describir hechos de la naturaleza empresarial, Carnap R. (1969). Establece que mediante conceptos cuantitativos, conceptos con valores numéricos, debemos disponer de procedimientos para llegar a estos valores. El primer punto que se debe tener claro es que para dar significado a términos como longitud, se debe disponer de reglas para el proceso de medición. Estas reglas permiten asignar un número a un cierto cuerpo o proceso, de tal forma que podamos decir que dicho número representa el valor de la magnitud de ese cuerpo.

Para explicar lo anterior se puede asumir que tenemos unos cuantos puntos en la superficie del planeta y queremos representarlos sobre un trozo de papel. Esto nos lleva de forma inmediata a plantear dos conjuntos de objetos, uno que se refiere a las localidades o puntos físicos y otro consistente en unos principios geométricos. El principio tiene realidad física y es accesible a toda clase de observaciones; el segundo tiene una entidad abstracta y de ningún modo puede considerarse observable. A partir de aquí se establece un juego de relaciones entre uno y otro conjunto.

De lo establecido, si tomamos como referencia el ámbito de las observaciones físicas se deduce que lo que se tiene son longitudes sobre la superficie terrestre. De tal forma que antes de hablar de puntos o distancias, se está obligado a establecer las reglas siguientes:

- Especificar cuándo se va a considerar equivalencia en dos longitudes, en este contexto se habla de un plano físico y se descarta toda alusión numérica.
- Especificar la combinación de longitudes. Es evidente que dos longitudes pueden unirse físicamente de varias formas. Pero dicha unión física deberá satisfacer ciertas condiciones para adecuarse a la operación aditiva entre números.
- Fijar convencionalmente lo que se va a tomar por unidad.

Una vez establecidas las reglas anteriores, se pueden establecer representaciones numéricas. Al conjunto de localidades les corresponde un conjunto de puntos geométricos. ¿Cuales serán las relaciones entre distintas localidades ?. Estas serán las longitudes de extensión que las separan. Estas longitudes serán medidas numéricamente y pasarán, por tanto, a gobernar las relaciones entre distintos puntos geométricos. Es entonces cuando surge la aplicación del concepto de *distancia*.

De acuerdo con Kolmogorov, Formin (1957). El espacio métrico es definido como un conjunto de puntos dentro de los cuales para cada posible par de puntos se traza una función denominada distancia. Establecemos que tenemos un espacio métrico  $\langle A, d \rangle$ , siempre que:

1.  $A: \{x, y, z, \dots\}$
2.  $d(x, x) = 0$  y  $d(x, y) \neq 0$
3.  $d(x, y) = d(y, x)$
4.  $d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z)$  para  $d. \sum A \times A$

El conjunto de puntos se expresa por  $A: \{x, y, z, \dots\}$  en donde los puntos vienen señalados por  $x, y, z, \dots$ . El producto cartesiano  $A \times A$  expresa todas las parejas posibles que se pueden formar.  $A \times A: \{(x, x) (x, y) (x, z) \dots\}$

La Función de distancia es la función real correspondiente a esas parejas de puntos siempre que cumpla las propiedades de *positividad, simetría, desigualdad del triángulo*.

De acuerdo con Kaufmann A., Gil Aluja J., Terceño Gómez A. (1994), Gil Lafuente J. (2002), establecen que entre los tipos de distancias más usadas se tienen la de Hamming, la de Euclides, la de Minkowski, así como la de Mahalanobis, establecidas como:

- La distancia absoluta de *Hamming* entre dos subconjuntos difusos para  $\underline{A}$  y  $\underline{B}$  es:

	$C_1$	$C_2$	$C^3 \dots$				$C_n$
$\underline{A} =$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$				$\mu_n$
	$C_1$	$C_2$	$C^3 \dots$				$C_n$
$\underline{B} =$	$\mu_1^{(l)}$	$\mu_2^{(l)}$	$\mu_3^{(l)}$				$\mu_n^{(l)}$

Se expresa de la siguiente forma:

$$d(\underline{A}, \underline{B}_j) = \sum_{i=1}^n |\mu_i - \mu_i^j|$$

Para el caso de hacer comparaciones es adecuado hacer uso de la denominada *distancia relativa de Hamming*, esta es expresada como:

$$\delta(\underline{A}, \underline{B}_j) = \frac{1}{n} * d(\underline{A}, \underline{B}_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\mu_i - \mu_i^j|$$

Dónde:

n= número de características, cualidades o singularidades que existan en el problema.

- La distancia de *Euclides* entre dos conjuntos difusos ( $\underline{A}$ ,  $\underline{B}_j$ ) se expresa como:

En términos Absolutos.

$$E(\underline{A}, \underline{B}_j) = \left( \sum_{i=1}^n (\mu_i - \mu_i^j)^2 \right)^{1/2}$$

En términos Relativos.

$$\varepsilon(\underline{A}, \underline{B}_j) = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n (\mu_i - \mu_i^j)^2 \right)^{1/2}$$

- La distancia de *Minkowski* es expresada como:

En términos absolutos.

$$N(\underline{A}, \underline{B}_j) = \left( \sum_{i=1}^n |\mu_i - \mu_i^j|^\lambda \right)^{1/\lambda}$$

De forma Relativa.

$$v(\underline{A}, \underline{B}_j) = \frac{1}{n} \sqrt[\lambda]{\sum_{i=1}^n |\mu_i - \mu_i^j|^\lambda}$$

Para  $\lambda \in \mathbb{N}$ ;  $\mathbb{N}$  = Enteros positivos

Se tiene que si  $\lambda = 1$  nos encontramos con las distancias de Hamming, si  $\lambda = 2$  estamos entre las distancias de Euclides.

*Distancia de Mahalanobis*. Esta se define sobre atributos lineales, se calcula de  $(X$  a  $\mu_i)$ , a lo que se ha llamado.

$\delta_M^2(X, \mu_i)$ , se expresa como:

$$\delta_M^2(X, \mu_i) = (X, \mu_i)^T \left[ \sum \right]^{-1} (X, \mu_i)$$

Dónde:

$\left[ \sum \right]^{-1}$  = Inversa de la matriz de varianzas – covarianzas de la muestra.

El objetivo del uso de la matriz de varianzas – covarianzas es para tener en cuenta la distinta dispersión de las variables en el espacio. De acuerdo con Grafulla C., Bernabé F. M. (2002), Yiun Wu (1996). La razón de utilizar esta distancia y no la euclideana obedece a que existen correlaciones significativas entre las características usadas para el análisis, así mismo esta distancia analiza características multidimensionales en una sola escala.

Para el presente trabajo hacemos uso de la distancia de Hamming y la Euclideana, estas distancias al igual que la otra citada, de acuerdo con Gil Aluja J. (1996), todas ellas deben cumplir las propiedades siguientes.

Una función numérica de  $(x,y) \in E \times E$ , en donde  $E$  es un conjunto finito o no, designada por  $d(x,y) \in \mathbb{R}^+$ . ( $\mathbb{R}^+$  es un conjunto de los reales no negativos), es una distancia, si cumple, de acuerdo con. Harry, F. et al. (1965) y Kaufmann A., Gil Aluja J., Terceño Gómez A. (1994), con las siguientes propiedades:

$$\forall x, y, z \in E :$$

- 1).  $d(x, y) \geq 0$
- 2).  $(x = y) \Leftrightarrow (d(x, y) = 0)$
- 3).  $d(x, y) = d(y, x)$
- 4).  $d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z)$

En donde (\*) es un operador asociado a la noción de distancia considerada.

Es importante hacer notar que no se deberá confundir la noción de distancia con la métrica. En una métrica se tiene que  $(x = y) \Leftrightarrow (d(x,y)=0)$

**Espacio Psicológico.** De acuerdo con Bogardus (1925). Se trata de encontrar una estructura explicativa de la relación existente entre distintos grupos étnicos pertenecientes a una comunidad, estos grupos ubicados como puntos en el espacio, para esto se propone una estructura unidimensional en donde a partir de un punto de origen pudiesen situarse otros puntos a diferentes distancias cada uno.

Estas distancias se asumen que pueden quedar de manifiesto en diferentes conductas de relación social. Concretamente para el caso que nos ocupa, la conducta de relación más estrecha es representada por el candidato que es más recomendable para su contratación esta es la más cercana a la representación del perfil ideal y la más lejana corresponde al candidato menos deseable para que participe en la empresa.

Estos tipos de conductas y comportamiento del candidato que aspira a ocupar un puesto en la empresa, pueden ser ordenados de acuerdo al criterio de distancias establecidas en el presente trabajo.

### 7.3 CASO DE ESTUDIO

La aplicación de la metodología propuesta, en la que la evaluación se hace usando lógica difusa estará dada en la empresa "Perce

Service Express" S.A. de C.V.. La misma es una empresa que presta servicios de mensajería y paquetería Nacional e Internacional. A partir de 1982, la citada empresa presta el servicio descrito a diferentes usuarios de la Ciudad de Morelia Michoacán México que lo demandan, y dado el crecimiento de la misma a partir de 1994, incursiona en poblaciones de otros estados vecinos a Michoacán, con esto incrementa su cartera de clientes consolidando sus operaciones.

Los clientes principales que integran su cartera, son instituciones financieras (bancos), dependencias gubernamentales (estatales, nacionales). Esta empresa tiene cobertura en los estados de Aguascalientes, Coahuila, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Zacatecas y el Distrito Federal, el servicio se ofrece los 365 días del año.

De acuerdo con Téllez Miranda M. (2003). Hasta el año 2000 la empresa había trabajado con el personal, que inició su fundación, por lo que dadas sus características de no capacitación adecuada, ha obstaculizado el crecimiento, operatividad y posicionamiento de la misma, en el corto, mediano y largo plazo, por esta razón a partir del 2001, la empresa inicia una política de reclutamiento y selección de personal especializado, con niveles académicos profesionales fundamentalmente, los que ocuparían puestos administrativos y en algunos puntos estratégicos en el área operativa.

En el 2002 la empresa firma una alianza estratégica con una organización del mismo giro pero a nivel internacional (United Parcel Service UPS), con ello se inicia el ofrecimiento de servicios de mensajería y paquetería a nivel internacional, centrando interés en las ciudades de Norteamérica y algunos países de Europa.

Hoy día la empresa ha insertado el proceso de puntos de venta (Merchandising), a través de agencias, así mismo se firma una nueva alianza estratégica con otras empresas norteamericanas de talla internacional y también con otras empresas nacionales para ofrecer ampliar la gama de servicios y así satisfacer de mejor manera a un mayor número de clientes.

Actualmente esta empresa tiene una facturación promedio mensual de \$ 80 000 000.00 de pesos mexicanos. Y opera con una nómina de 800 empleados en las diferentes áreas operativas de centros distribuidos en toda la República Mexicana.

El antecedente de la empresa de referencia fue fundado por una familia michoacana, en la actualidad continua siendo el capital familiar, no obstante al paso del tiempo, ha ido adaptándose para estar acorde con

lo que el entorno le ha exigido, este proceso ha sido difícil, poco eficiente y eficaz en lo referente a la selección del recurso humano, lo anterior ha tenido este marcado comportamiento debido a la baja y mala aplicación de técnicas modernas, que le permitan seleccionar adecuadamente su personal.

En este trabajo, tomando como escenario la empresa "Percel Service Express" S.A. de C.V, se realizará como ejemplo un análisis relacionado con la determinación de la selección del puesto de *Gerente de Servicios de Traslado y Entrega* para aplicar los enfoques de análisis en la incertidumbre, a través de la lógica difusa, se deja claro que este caso se deberá repetir para cada uno de los puestos que integran la empresa en cuestión, considerando las variaciones respectivas en los niveles de calificación que tengan las diferentes competencias a cumplir de acuerdo con el perfil del puesto específico que se esté evaluando, sin embargo el criterio de procesamiento numérico es el mismo para todos los análisis requeridos en el campo de la selección de los recursos humanos.

### PERFIL DEL PUESTO REQUERIDO

El perfil requerido, que la empresa "Percel Service Express" S.A. de C.V, ha establecido para el *Gerente de Servicios de Traslado y Entrega* es integrado por los requerimientos establecidos a continuación para que pueda cumplir eficaz y eficientemente con el desempeño y contribución requerido hacia el logro de los objetivos de la empresa:

Este puesto es ubicado en el *Área de:* Dirección de Servicios Logísticos y demanda de una *Formación Académica:* en la que el candidato tenga estudios superiores en administración de negocios, comercio internacional, economía u otra afin, preferentemente con el nivel de MSc, en logística de los servicios de transporte, MBA. El candidato deberá tener *dominio de idioma inglés* al 100%, contar con una *Experiencia Laboral:* como mínimo de 5 años en negocios de mensajería y paquetería, preferentemente en la empresa donde pretende ocupar el puesto, elaboración de planes de mejora en recepción, transporte y entrega de cualquier envío, se demanda en lo relacionado con, *Requerimientos Personales:* que sea una persona proactiva, innovadora, meticulosa, ordenada, disponible para la movilidad, analítica e intuitiva, este puesto, *Reporta* a la dirección de Servicios Logísticos, al puesto en estudio, *Le Reportan:* Los gerentes de mensajería y paquetería, regionales, supervisores operativos de las sucursales y agencias o representantes en lo relacionado con la prestación de estos servicios. El

mismo deberá *Coordinarse con:* el gerente de servicios de traslado y entrega, con servicios nacionales e internacionales, recursos humanos, con comercialización y ventas, y con atención a clientes. *La Jerarquía del puesto:* su ubicación en el organigrama lo caracteriza como un funcionario del segundo nivel de mando.

La enumeración de características y cualidades anteriores, se considera son representativas para la selección de un gerente de acuerdo a las actividades que debe cumplir en la empresa.

### CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL IDEAL DEL PUESTO

Para el caso de análisis en la Empresa Percel Service Express" S.A. de C.V, se ha integrado un panel de cinco expertos en Recursos Humanos, que haciendo uso del *Método Delphi*, han definido los requerimientos mínimos necesarios que debe incluir el perfil ideal que caracteriza el puesto en el que se llevará a cabo la selección del recurso humano de interés para la empresa, estos son representados por el conjunto de atributos etiquetados como: {a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n}, definidos como se cita en la tabla # 2.

Tabla # 2: Caracterización de Atributos del Puesto

IDENTIFICADOR DE LA CARACTERÍSTICA	ATRIBUTO
a	Formación académica
b	Dominio de idioma
c	Experiencia laboral
d	Proactividad y Liderazgo
e	Innovación
f	Orden
g	Disponibilidad
h	Movilidad
i	Analítica
j	Estado físico de salud
k	Nivel de socialización
l	Nivel cultural
m	Vida sana
n	Fidelidad a la empresa

Los niveles de importancia que el panel de expertos ha considerado deben tener cada uno de los atributos considerados en la tabla # 2, son expresados en la tabla # 3, como se muestra.

Tabla # 3: Nivel de las Características

CARACTERÍSTICA (C <sub>i</sub> )	NIVEL (μ <sub>i</sub> )
a	1
b	0.8
c	0.9
d	0.8
e	0.7
f	0.8
g	1
h	1
i	0.6
j	0.9
k	0.7
l	0.7
m	0.8
n	0.8

De acuerdo con la información citada en la Tabla # 3, el subconjunto difuso que representa el descriptor para el perfil ideal del puesto de *Gerente de Servicios de Traslado y Entregas* es expresado por **DG**:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
<b>DG=</b>	1	0.8	0.9	0.8	0.7	.08	1	1	0.6	.09	0.7	0.7	0.8	0.8

Se deberá tomar en consideración que el *perfil ideal* es caracterizado, como el nivel óptimo que requiere la empresa, para que el personal seleccionado de acuerdo a este criterio para ocupar cualquier puesto en la misma, con la mezcla y valoración de atributos para cada análisis pueda proporcionar los mejores resultados a la corporación.

Este tipo de análisis es útil para que sea usado por Agentes de Reclutamiento y Selección de Recursos Humanos o Consultores en el

área de estudio, figura que cada día es muy usada en el mercado de transferencia y colocación de profesionales en puestos de trabajo en las empresas, así mismo es recomendado para que sea usado en los diferentes departamentos de selección y contratación de personal experto altamente calificado en su área de desempeño, tanto en la empresa pública como privada, este tipo de metodologías de selección le proporcionan al usuario en la empresa más certidumbre en la decisión tomando como marco de análisis criterios basados en el manejo de la incertidumbre.

Para el caso tomando como base las consultas hechas al Director de Servicios Logísticos, por parte del departamento de reclutamiento y selección de recursos humanos, de acuerdo con los  $n+i$  candidatos que han concurrido como solicitantes del puesto ofertado, se han considerado 7 candidatos que de acuerdo a los involucrados en el proceso de selección tienen las características más próximas a las que se especifican en el perfil ideal **DG**.

Tomando como base los valores establecidos en la Tabla # 3, la valoración del panel de expertos para cada uno de los 7 profesionales tomados en consideración para la participación en el proceso final de selección del candidato más atractivo a ser seleccionado para ocupar el puesto ofertado, el panel de expertos que participa en el proceso de evaluación de los atributos que posee cada candidato, han establecido las calificaciones para los candidatos finalistas, haciendo uso de la estructura siguiente:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
<b>P<sub>i</sub>=</b>	μ <sub>a<sup>i</sup></sub>	μ <sub>b<sup>i</sup></sub>	μ <sub>c<sup>i</sup></sub>											μ <sub>n<sup>i</sup></sub>

Dónde:

**P<sub>i</sub>** = Profesional- candidato (i = 1,2,...7)

(a,b,c,...,n) = identificador de las características (atributos) del puesto

μ<sub>j<sup>i</sup></sub> = Nivel de asignación al trabajador (i) para las características (atributos) (j = 1,2,3,...,n)

Los subconjuntos difusos que describen las apreciaciones de valoración de los atributos por el panel de expertos para cada uno de los profesionales candidatos (**P<sub>i</sub>**), son expresados como:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>1</sub> =	0.8	0.7	0.8	0.9	0.5	0.7	0.6	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>2</sub> =	1	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.4	0.3	1	1	0.5	0.7	0.9	0.8
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>3</sub> =	0.9	0.6	0.9	0.8	0.7	0.6	0.9	0.7	1	0.4	0.7	0.9	0.7	0.6
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>4</sub> =	0.9	0.7	0.7	0.6	0.4	1	1	1	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>5</sub> =	0.7	1	1	1	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.9	0.7	0.7	0.9	0.9
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>6</sub> =	0.8	0.7	1	0.9	0.9	1	1	0.6	0.8	0.7	0.9	0.9	0.6	0.7
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>7</sub> =	1	1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.9	0.3	1	0.8	0.7	0.7	0.9

Es importante hacer notar que en algunos atributos (características), las diferencias significativas encontradas en el proceso de calificación de cada candidato, con respecto al perfil ideal son los mostrados en la tabla # 4, en este mismo orden de ideas se tiene que si un candidato de los que están calificando para el puesto en análisis, presenta algunos atributos calificados de forma superior que los del perfil ideal, es por que tiene mejores características en este concepto, que las que demanda el perfil, sin embargo esto en la práctica lo que representa es que para casos en los que existe sobre oferta de trabajadores, como es el caso en Morelia Michoacán México lleva a una subcontratación, en estos casos es posible que pudieran calificar para puestos superiores al que se tiene en análisis, sin embargo la decisión será la misma ya que será elegido el candidato que se encuentre más cercano al perfil ideal y esto se caracterizará haciendo uso del concepto de distancia.

Tabla # 4. Ubicación de Candidato vs. Perfil Ideal

Atributo/ Candidato	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
P <sub>1</sub>				>					>		>	>		
P <sub>2</sub>									>	>			>	
P <sub>3</sub>									>			>		
P <sub>4</sub>						>			>			>		
P <sub>5</sub>		>	>	>	>				>				>	>
P <sub>6</sub>			>	>	>	>			>		>	>		
P <sub>7</sub>	>	>								>	>			

>: Apreciación Superior vs. Perfil Ideal.

### 7.4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son representados como sigue, para la evaluación del puesto de *Gerente de Servicios de Traslado y Entregas*, que es requerido en la empresa *Percel Service Express* S.A. de C.V, haciendo uso de la distancia de *Hamming*, para cada candidato profesional (P<sub>i</sub>) se tiene:

Tabla # 4: Evaluación de Hamming

PROFESIONAL (P <sub>i</sub> )	δ <sub>i</sub>
1	0.1642
2	0.1928
3	0.1642
4	0.1142
5	0.1285
6	0.1714
7	0.15

Para el caso de la distancia *Euclidiana*, sus resultados son:

Tabla # 5: Evaluación de D. Euclidiana

PROFESIONAL (P <sub>i</sub> )	ε <sub>i</sub>
1	0.052
2	0.08049
3	0.05933
4	0.03912
5	0.04164
6	0.05150
7	0.06018

De acuerdo con Kaufmann A., Gil Aluja J., Terceño Gómez A. (1994), se tiene que la representación de la distancia de Hamming con respecto de la Euclidiana con respecto a un mismo referencial dos distancias distintas pueden clasificar de manera diferente a varios subconjuntos difusos, Kaufmann A., Gil Aluja J (1992), por lo que el ordenamiento depende de la distancia elegida para el análisis. Sin embargo para nuestro caso la decisión orientada a la selección del puesto de trabajo deseado los análisis numéricos presentados llevan a la misma decisión, por lo que se concluye que puede ser usado cualquier criterio de cálculo de la distancia para hacer este tipo de aplicaciones.

- Para el caso del análisis de Hamming la relación existente en la decisión es.

$$P_4 < P_5 < P_7 < (P_1 = P_3) < P_6 < P_2$$

En la misma se expresa que el profesional P<sub>4</sub>, es preferido con respecto de P<sub>5</sub>, y este a su vez es preferido con respecto de (P<sub>1</sub> y P<sub>3</sub>) que presentan igualdad de circunstancias, estos a su vez cualquiera de los dos es preferido con respecto de P<sub>6</sub> y P<sub>2</sub>. Sin embargo en la práctica este será un referencial de alto impacto, pero será valorado dentro de los de mayor preferencia tomando en cuenta cual de ellos tiene el mayor nivel en las características en que la empresa tiene interés se cumplan con un mayor nivel, por ejemplo, la fidelidad hacia la empresa, la proactividad y el liderazgo por citar a nivel de ejemplos algunas que sean de suma importancia para los directivos de la organización en la que se este llevando a cabo el proceso de selección, pero siempre la decisión estará orientada a preferir al candidato que este más próximo al perfil ideal.

- Para el caso de la *Euclidiana* la relación existente es.

$$P_4 < P_5 < P_6 < P_1 < P_3 < P_7 < P_2$$

De acuerdo a los resultados y las relaciones obtenidas en el presente análisis, se concluye que desde la perspectiva del análisis de las distancias referenciales *Hamming* y *Euclidiana* el profesional que de acuerdo a sus características cumple de forma más eficiente el perfil para ocupar el puesto de trabajo referenciado en el presente trabajo es el etiquetado como (P<sub>4</sub>). Así mismo se concluye que los criterios de análisis establecidos son eficientes para la toma de decisiones en el sector de la empresa relacionado con el manejo de capital intelectual estratégico para la empresa, tanto pública como privada, productoras de bienes de consumo final, de bienes de capital y servicios, es recomendable incorporar de forma generalizada, sistemática y permanente en las empresas certificadas, líder y caracterizadas como de orden mundial, este tipo de metodologías para apoyar una toma de decisiones más eficiente, eficaz y racional.

No se hace uso de la distancia de *Mahalanobis*, por que de acuerdo con Grafulla C., Bernabé F. M. (2002), Yiun Wu (1996). La razón de utilizar esta distancia y no cualquiera de las otras tratadas obedece a que existen correlaciones significativas entre las características usadas para el análisis, así mismo esta distancia analiza características multidimensionales en una sola escala, debido a que en este análisis no se dan estas condiciones concluimos que es una directriz para investigar este temas en una problemática que cumpla con las características teóricas requeridas para buscar implantarla en la empresa.

## LA PRODUCCIÓN Y SU IMPACTO EN LA RENTABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

---

### 8.1 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES ANTE INFORMACIÓN ESPERADA PERFECTA

#### 8.1.1 *Evaluación de Inversiones*

La teoría financiera moderna pugna, entre otras cosas, por la asignación eficiente de los recursos financieros de la empresa en aquellos activos que sean necesarios para la realización de la actividad productiva, con el fin de contribuir desde una perspectiva financiera, a la consecución del objetivo general a largo plazo de la empresa.

Para conseguir eficientemente esta meta, es necesario evaluar cada una de las múltiples posibilidades de inversión que se le presentan a la empresa en un momento determinado de tiempo.

De acuerdo con Tarrago F. (1978): las razones que motivan la necesidad de realizar una evaluación de los proyectos de inversión son fundamentalmente de dos tipos:

- La existencia de limitaciones técnicas de incompatibilidad o de exclusión entre los proyectos.
- La existencia de restricciones financieras que imposibiliten la realización de todos aquellos proyectos valorados como rentables.

En la evaluación de proyectos, la información mínima necesaria que se debe manejar es:

- Inversión del proyecto (IT)
- Flujo de fondos (FF<sub>j</sub>) ; j = 1,2,...,n
- Horizonte de planeación del proyecto (n)
- Tasa de interés (costo de capital, TREMA) (i%)

El objetivo de esta etapa será sintetizarla en una sola magnitud, que sea capaz de reflejar la conveniencia que para la empresa supondría la realización o no del proyecto, con el fin de tener una idea más clara de su bondad. Es decir, determinar una magnitud que exprese la contribución del proyecto a la consecución del objetivo empresarial en su ámbito financiero.

La realización de un proyecto de inversión rentable produce un incremento de los beneficios empresariales, y por lo tanto aumenta la posibilidad de repartir mayores dividendos.

Hoy día es evidente desde el punto de vista teórico la íntima relación que existe entre el objetivo financiero de la empresa y la realización de proyectos de inversión rentables. Por lo anterior en la mayoría de los casos es usada la rentabilidad como indicador para medir la bondad o no de un proyecto de inversión.

En un intento por hacer un uso eficiente de los recursos financieros, la Teoría Financiera moderna ha elaborado un conjunto de métodos (modelos matemáticos) que pueden ser usados por el empresario para seleccionar eficientemente los nuevos proyectos.

Tomando la rentabilidad como medida de la evaluación de las inversiones es posible clasificar los diferentes modelos elaborados, de acuerdo con Teichroew, Robichek y Montalbano (1965) en dos grandes grupos: "Modelos Estáticos y Dinámicos".

La clasificación citada es fundamental, debido a que los métodos de selección de inversiones tienen que comparar los flujos de fondos futuros generados por los proyectos con la aplicación de la inversión en el momento actual.

Tanto la inversión actual como los flujos de fondos futuros se miden en unidades monetarias (pesos). Pero estas por pertenecer a momentos diferentes en el tiempo, tienen valores adquisitivos diferentes.

Estos estarán asociados con el horizonte de planeación para lo cual la determinación efectiva de esta magnitud no es fácil. De acuerdo con Pérez Carballo-Monge (1987). En todo proyecto de inversión se pueden distinguir tres estimaciones temporales:

- a) "Una vida física" que corresponde con el período de tiempo durante el cual los elementos fundamentales del proyecto de inversión funcionan sin pérdidas significativas de producción, de calidad o de rendimiento.
- b) "Vida comercial" esta se puede identificar con el tiempo durante el cual se espera serán demandados los productos o

servicios que se obtienen con el proyecto y que la empresa ofrece en el mercado.

- c) "Vida tecnológica" o período de tiempo durante el cual los activos son tecnológicamente competitivos. La aparición de nuevas tecnologías dejarán inservibles, obsoletos, los activos utilizados.

De acuerdo a la forma de manejo del concepto en el país, es importante considerar la clasificación que se propone a continuación:

- "Vida útil" es representada durante el horizonte de planeación.
- "Vida económica" se establece de acuerdo a:

$$C_{Ma} = U_{Ma}$$

$$C_{Ma} = \text{Costo Marginal}$$

$$C_{Ma} > U_{Ma}$$

$$U_{Ma} = \text{Utilidad Marginal}$$

$$C_{Ma} < U_{Ma}$$

Se dice que el sistema ha agotado su vida económica cuando se da la condición de que  $C_{Ma} \geq U_{Ma}$ , por lo que esta apreciación es más pragmática para su aplicación:

- "Vida fiscal" es establecida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y se refleja en la LISR (Ley del Impuesto Sobre la Renta), de acuerdo al bien a analizar.

### 8.1.2 Modelos Estáticos

Este razonamiento supone que el valor del dinero a través del tiempo no cambia. Se opera considerando que el dinero percibido en diferentes tiempos tiene el mismo valor.

Al considerar este criterio implica prescindir del fenómeno de la inflación, dando a la unidad monetaria el carácter de unidad física de medida. La unidad monetaria no se toma como una medida de valor de los factores de producción y de los productos, sino como una medida de cantidad de factores de producción y productos.

Este punto de vista es teóricamente aceptable; pero debe considerarse que la variación de los precios por efectos de la inflación no es igualmente proporcional para todos los factores y productos.

En este sentido se puede afirmar que el razonamiento estático es una simplificación de la realidad, donde a favor de la sencillez de las operaciones, se desprecian aspectos significativos de la realidad financiera.

### 8.1.3 Modelos Dinámicos

Estos modelos al contrario de los que ocurre en los anteriores, consideran el momento concreto en el que se obtienen cada una de las unidades monetarias que conforman los flujos de fondos que definen el proyecto.

Estos modelos suponen que el decisor manifestará, en la mayoría de los casos, una preferencia por el dinero obtenido en el momento presente respecto a aquel que se pueda obtener en un momento futuro, esto se plantea de esta forma fundamentalmente por las siguientes razones:

- a) El flujo de fondos del período actual constituye una cantidad de recurso financiero (dinero) que está disponible de inmediato y, por tanto, puede ser invertida de nuevo y así obtener de ella una rentabilidad que no se conseguiría en el caso de no tenerla actualmente.
- b) El flujo de fondos es una cantidad de dinero disponible en el período actual y, por lo tanto, es una cantidad cierta, sin riesgo.

El flujo de fondos futuro representa una cantidad de dinero incierta que la empresa espera obtener como diferencia entre los ingresos y gastos en un momento futuro de la vida de la inversión.

Al tratarse de un valor estimado y no de una cantidad cierta, es posible que esta se confirme o no en el futuro. En suma, se corre un riesgo que no existe en el caso del dinero actual (hoy día).

De lo anterior se observa que, se requiere y se tiene la necesidad de homogeneizar las unidades monetarias que conforman los flujos de fondos, si se quiere que la evaluación proporcione un indicador más real de la rentabilidad del proyecto analizado.

Entre los criterios dinámicos sobresalen los de la tasa interna de retorno (TIR o ROI), el valor actual neto (VAN), la relación beneficio

costo (B/C), el período de recuperación del capital, este último método no realiza una medición de rentabilidad, más bien está orientado hacia la medición de la liquidez.

Los modelos dinámicos de acuerdo a Mao J.C.T. (1980) para su estudio toman como punto de partida las hipótesis siguientes:

- a) El decisor actúa en un contexto decisional de certeza, ya que supone conocidas con toda certeza los flujos de fondos que definen un proyecto de inversión.
- b) El mercado de capitales es perfecto. El mercado ofrece un tipo de interés al cual las empresas pueden invertir y/o financiarse sin limitación alguna. Al no existir escasez de recursos financieros, el tipo de interés del mercado establece una frontera que separa las inversiones rentables de aquellos que no lo son, configurándose como el costo de capital de la empresa, el cual lo representamos como lo que cuesta financiar en términos promedio, cada unidad monetaria invertida en la empresa.
- c) Los proyectos de inversión no mantienen entre ellos relación alguna de dependencia, de tal forma que la realización de uno de ellos ni facilita ni dificulta la realización de los restantes.
- d) Los proyectos de inversión son perfectamente divisibles, pudiendo realizarse todo o solo una parte de ellos. Expresado en términos de dinero, esta hipótesis significa que la empresa puede invertir en un proyecto cualquier cantidad de dinero por muy pequeña que esta sea.
- e) Solo se considerarán oportunidades de inversión las existentes en el hoy día y no las que puedan darse en momentos futuros.
- f) Se consideran situaciones económicas de estabilidad de precios (ausencia de inflación) y un sistema impositivo que no grava el beneficio de la empresa.

Como se observa estos supuestos son demasiado ideales, sin embargo es posible relajarlos para hacer evaluaciones más apegadas a la realidad económica en la que se desarrolla el proyecto.

Como requerimiento previo para la aplicación de cualquier criterio de evaluación de proyectos de inversión, se deberá determinar el flujo de fondos en el horizonte de planeación del proyecto; se recomienda

los mismos sean obtenidos de acuerdo con González Santoyo F. (1985) como:

$$FF_t = UN \text{ o } P_t + D_t + A_t + V_{st} - I_t$$

Donde:

FF <sub>t</sub>	= Flujo de fondos	; t = 1,2,...,n
UN o P <sub>t</sub>	= Utilidad neta o pérdida	; t = 1,2,...,n
D <sub>t</sub>	= Depreciación	; t = 1,2,...,n
A <sub>t</sub>	= Amortizaciones	; t = 1,2,...,n
V <sub>st</sub>	= Valor salvamento, desecho o rescate	; t = 1,2,...,n
I <sub>t</sub>	= Inversiones	; t = 1,2,...,n

Conocido este concepto nos enfocaremos a conocer cada uno de los métodos clásicos que se reportan en la literatura para estudiar la aplicación de inversiones eficientes.

En la teoría de evaluación económica y financiera se tiene que los criterios del VAN, TIR y PRC son la aplicación de la misma ecuación. La variante consiste en que cada uno toma en la ecuación variables distintas como dato y como incógnita. La ecuación de referencia es la del VAN, que es expresada para lo citado con anterioridad como:

$$VAN = \frac{\sum_{j=1}^{PRC} FF_j}{(1 + TIR)^j}$$

Para el caso del Valor Actual Neto la incógnita es el VAN, en cambio la TIR se considera como dato (el costo medio ponderado del capital, la tasa de recuperación mínima que el inversionista desea obtener TREMA u otros), y para el PRC se considera un dato (horizonte de planeación o vida útil del proyecto).

Para el caso de la Tasa interna de Retorno la incógnita es la TIR, en cambio el VAN es dato (se considera cero), y el PRC también se considera un dato (horizonte de planeación).

En el caso del Período de Recuperación del Capital la incógnita es PRC, en cambio la TIR (costo ponderado del capital), y el VAN es un dato (se considera cero).

Supuesta esta vinculación lógica y matemática entre el comportamiento de los modelos citados, cada uno sirve para mostrar un aspecto diferente del problema, de acuerdo a la variable que constituye la incógnita.

### 8.1.4 Desarrollo de Técnicas:

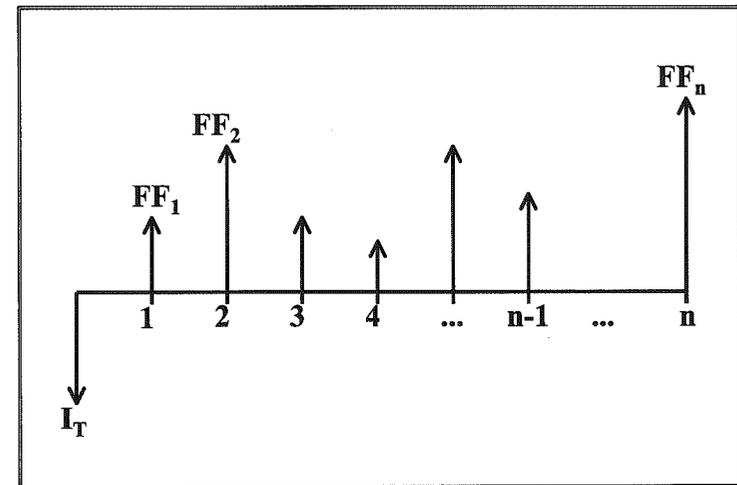
#### 8.1.4.1 Método de Período de Recuperación del Capital

Los métodos clásicos, de acuerdo con Blanco R. F. (1977), consideran que la rentabilidad es el aspecto más importante del proyecto de inversión y, por ello es la magnitud que se evalúa para determinar la conveniencia de llevarlo a cabo o no.

Sin embargo, hay ocasiones en las que el empresario no le interesa tanto la capacidad de producir beneficios como la potencialidad para generar fondos a fin de recuperar el capital invertido, lo más rápido que sea posible.

Por esta razón, con orientación en la que se quiere conocer el tiempo, el método más usado en la vida práctica de la evaluación de inversiones es el período de recuperación de capital. Este método realiza una medición de la liquidez de un proyecto de inversión.

Si consideramos un proyecto de inversión representado a través de sus flujos de fondos gráficamente se tiene:



Se define el período de recuperación como el período de tiempo que transcurre hasta que los flujos de fondos permiten recuperar la inversión total (IT) inicial y amortizar, en su caso, los flujos de fondos negativos que puedan producirse en el horizonte de planeación o vida útil del proyecto.

Analíticamente el período de recuperación del capital, se calcula acumulando período a período los flujos de fondos hasta que se recupera la inversión.

Si los flujos de fondos son constantes, el período de recuperación del capital (PRC) se calcula como:

$$PRC = \frac{I_T}{FF_j}$$

Donde:

PRC = Período de Recuperación del Capital (tiempo)

IT = Inversión Total

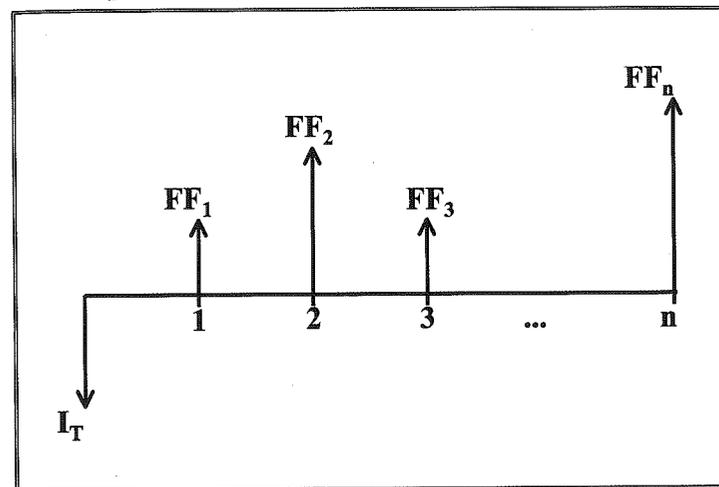
FFj = Flujo de Fondos,  $j = 1, 2, \dots, n$

El PRC se expresa en las unidades de tiempo usadas en el horizonte de planeación del proyecto (meses, días, años)

Para el caso en que los flujos de fondos no son constantes en el horizonte de planeación se recomienda para su cálculo seguir el siguiente procedimiento:

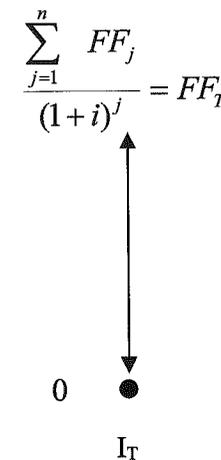
- a) Expresar el proyecto a través de sus FFj.
- b) Traer a valor presente los FFj.
- c) Distribuirlos en una serie uniforme.
- d) Aplicar la ecuación general del PRC.

Las etapas son desarrolladas como:



$$\frac{FF_1}{(1+i)^1} + \frac{FF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FF_n}{(1+i)^n}$$

Gráficamente:



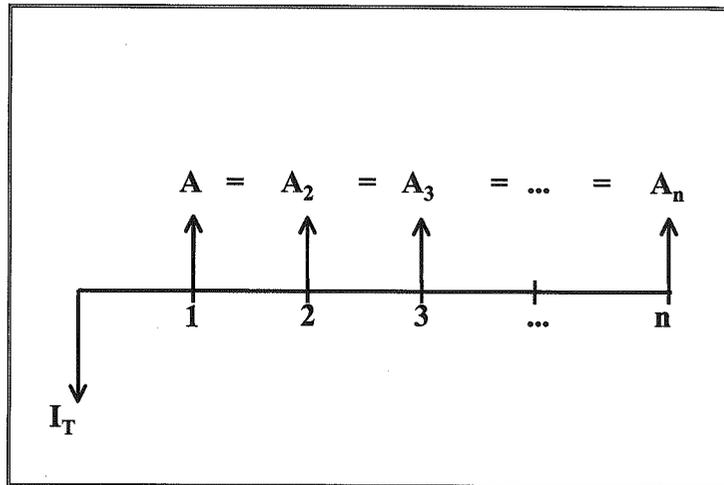
La distribución de una serie uniforme, la obtenemos como.

$$(A/P, i\%, n) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

∴

$$A = \left[ \frac{i + (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] FF_T$$

Por lo que:



Por lo que el PRC es:

$$PRC = \frac{I_T}{A}$$

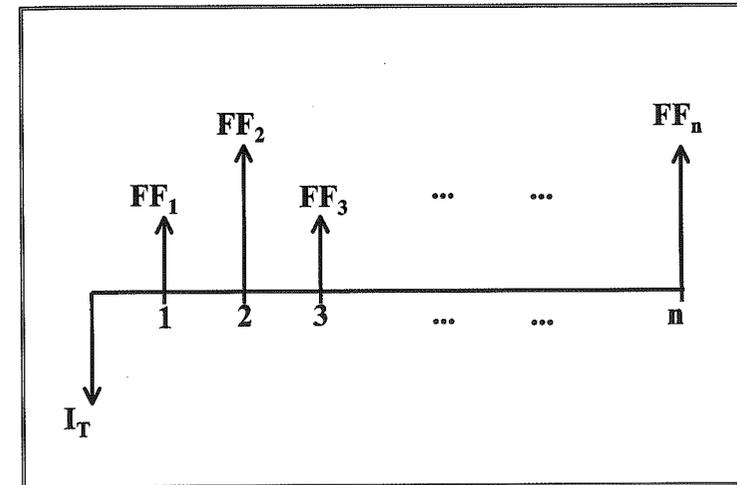
Donde:

A = serie uniforme

De acuerdo con este criterio de evaluación, se prefieren aquellas inversiones que tienen un menor PRC, debido a que en un menor tiempo se recupera el capital que se invierte en ellas.

### 8.1.4.2 Método del Valor Actual Neto

Se tiene un proyecto de inversión definido por el siguiente flujo de fondos:



Donde:

IT = Inversión Total Inicial

FF<sub>j</sub> = Flujo de Fondos; j = 1,2,3,...,n

n = Horizonte de Planeación.

Se establece que  $i_j$  es una tasa de actualización del flujo de fondos en el año (j), se define el valor actual neto (VAN) o valor capital de la inversión, como la suma de todos los flujos de fondos actualizados al momento inicial a una tasa de actualización o de descuento  $i_j$ . Es decir la diferencia entre el valor actualizado de la corriente de inversión y pérdida en algún (j) y beneficios para todo (j).

La tasa de actualización  $i_j$  usada es en general (el costo medio ponderado del capital, la TREMA u otros); con el objeto de verificar si el proyecto, durante un período de tiempo, es capaz de retomar unos flujos tales que permitan a la empresa recuperar la inversión y pagar a quienes aportan el capital la renta que ellos exigen para quedar compensados por su aportación.

Analíticamente, el VAN de una inversión es expresado a través de la siguiente ecuación.

$$\text{VAN} = -IT + \frac{FF_1}{(1+i_1)} + \frac{FF_2}{(1+i_1)(1+i_2)} + \dots + \frac{FF_n}{(1+i_1)(1+i_2)\dots(1+i_n)}$$

Para el caso en que no existe inflación y la tasa de descuento es independiente del tiempo, es decir, permanece constante a lo largo del horizonte de planeación o vida útil del proyecto.

Entonces.

$$i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n = i$$

Por lo que la ecuación anterior queda como:

$$\text{VAN} = -IT + \frac{FF_1}{(1+i)^1} + \frac{FF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FF_n}{(1+i)^n}$$

$$\text{VAN} = -IT + \frac{\sum_{j=1}^n FF_j}{(1+i)^j} \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

VAN = Valor Actual Neto.

IT = Inversión Total Inicial

FF<sub>j</sub> = Flujo de Fondos ; j = 1, 2, ..., n

i = Costo de Capital.

Para el caso particular en el que además de los flujos de fondos del proyecto fueran iguales período a período, se tiene:

$$i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n = i$$

$$FF_1 = FF_2 = FF_3 = \dots = FF_n = FF$$

Por lo que el VAN se puede escribir como:

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= -IT + \frac{FF_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FF_n}{(1+i)^n} = \\ &= -IT + FF \left[ \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right] \end{aligned}$$

Donde la expresión entre paréntesis resulta ser la suma de n términos que evolucionan según una progresión geométrica decreciente de razón 1/(1+i), cuya suma es igual a:

$$\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

Por lo que:

$$\text{VAN} = -IT + FF \left[ \frac{1 + (1+i)^{-n}}{i} \right]$$

Si además de las circunstancias anteriores se considera que el número de períodos de la inversión es ilimitado, se tiene:

$$i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n = i$$

$$FF_1 = FF_2 = FF_3 = \dots = FF_n = F$$

Si;  $n \rightarrow \infty$

La formulación analítica del VAN será:

$$VAN = -IT + FF \lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right] = -IT + \frac{F}{i}$$

$$VAN = -IT + \frac{F}{i}$$

Las diferentes formas en este apartado para calcular el VAN de un proyecto de inversión en función de las circunstancias particulares que presenten sus características financieras, proporcionando una medida de rentabilidad absoluta neta del proyecto.

Rentabilidad absoluta por que se expresa en unidades monetarias y neta por que en su determinación se han tenido todos los cobros y todos los pagos originados por el proyecto a lo largo de su vida útil.

Si el VAN es positivo indicara que la realización del proyecto permitirá recuperar el capital invertido, satisfacer todas las obligaciones de pago originadas por él y obtener, además, un beneficio neto en términos absolutos igual a la cantidad expresada por el VAN. En este caso la riqueza de la empresa se verá incrementada y salvo que existan proyectos más rentables, se recomienda llevarlo a cabo.

Si el VAN es negativo, se recomienda no llevar a cabo el proyecto, por que de hacerlo la empresa verá reducida su riqueza al incurrir en unas pérdidas netas igual al nivel del VAN.

Si el VAN es igual a cero (nulo) indica existencia de un proyecto que es indiferente para la empresa, puesto que su realización no proporcionará beneficios ni generará pérdidas. En este caso se recomienda rechazar el proyecto, puesto que desde una perspectiva de racionalidad económica, no tiene sentido invertir una cantidad de dinero sabiendo que con ello no se va a incrementar la riqueza de la empresa si no que, en el mejor de los casos, no se verá modificada por el proyecto.

Por lo que las reglas de decisión son resumidas como:

**CRITERIOS DE DECISIÓN DEL VAN**

VALOR	SIGNIFICADO	DECISIÓN
<b>VAN &gt; 0</b>	<b>Beneficios netos</b>	<b>Aceptar proyecto</b>
<b>VAN = 0</b>	<b>Ni beneficios ni pérdidas</b>	<b>Rechazar proyecto</b>
<b>VAN &lt; 0</b>	<b>Pérdidas netas</b>	<b>Rechazar proyecto</b>

**8.1.4.3 Método de la Tasa Interna de Retorno**

La tasa interna de retorno o rendimiento TIR (ROI) se define como aquella tasa de actualización o de descuento, "(i)", que hace cero la rentabilidad absoluta neta de la inversión. Es decir, aquella tasa de descuento que iguala el valor actual de los flujos de fondos positivos con el valor actual de los flujos de fondos negativos incluida la inversión inicial.

Analíticamente es expresada como:

$$TIR \Rightarrow -IT + \left[ \frac{FF_1}{(1+i)^1} + \frac{FF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FF_n}{(1+i)^n} \right] = 0$$

Para el caso en el que los flujos de fondos son constantes en el horizonte de planeación (vida útil del proyecto), se tiene:

$$FF1 = FF2 = FF3 = \dots = FFn = F$$

La ecuación anterior se transforma como:

$$TIR \Rightarrow -IT + \left[ \frac{F}{(1+i)^1} + \frac{F}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F}{(1+i)^n} \right] = 0$$

Simplificando términos queda como:

$$\text{TIR} \Rightarrow -IT + F \left[ \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right] = 0$$

Si además se considera en el análisis un número ilimitado de períodos, se tiene:

$$\text{FF1} = \text{FF2} = \text{FF3} = \dots = \text{FFn} = F$$

$$n \rightarrow \infty$$

Entonces:

$$\text{TIR} \Rightarrow -IT + F \lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right] = 0$$

Realizando operaciones se tiene que:

$$\text{TIR} \Rightarrow -IT + \frac{F}{i} = 0$$

Desde una perspectiva financiera, el criterio de la TIR proporciona una medida de rentabilidad relativa bruta anual por unidad monetaria comprometida en el proyecto (eficiencia por peso invertido en el proyecto).

Se trata de una medida relativa debido a que es definida en porcentaje (%) y bruta, debido a que la misma le falta por descontar el costo de financiamiento de los capitales invertidos en el proyecto (k).

Por esta razón, para aceptar o rechazar un proyecto de inversión, el criterio compara la rentabilidad relativa bruta por unidad monetaria invertida, (i), con el costo de capital medio ponderado de la empresa (k), obteniendo por diferencia una medida de rentabilidad relativa neta,  $R_n = 1 - k$ , por unidad monetaria invertida en el proyecto.

Sin embargo esta etapa teórica puede ser evitada, debido a que el cálculo de los FFj ya incluyen este análisis, por lo que el resultado

obtenido usando la forma recomendada para el cálculo de los flujos de fondos permite obtener la TIR real.

Un proceso de cálculo práctico de acuerdo con González Santoyo F. (1985), es establecido como:

1. Se escoge arbitrariamente una tasa de interés y se descuenta a esa tasa la serie de costos y beneficios como en el método del valor actual neto. Si el resultado de la sustracción de beneficios y costos actualizados es positivo o mayor que cero, esto significa que la TIR es superior a esa tasa arbitrariamente seleccionada.
2. Se escoge una tasa superior a la primera y se repite la operación de actualización, si en esa nueva tasa la diferencia entre beneficios y costos actualizados fuera negativa, entonces la tasa interna de retorno buscada está entre la primera y la segunda tasa de interés utilizada.
3. El valor de la TIR se encuentra por interpolación lineal, esta se realiza usando la siguiente ecuación:

$$\text{TIR} \Rightarrow i_1 + (i_2 - i_1) \left[ \frac{\sum_{t=0}^n \text{FF} \oplus}{\sum_{t=0}^n \text{FF} \oplus + (-\sum_{t=0}^n \text{FF} -)}$$

Donde:

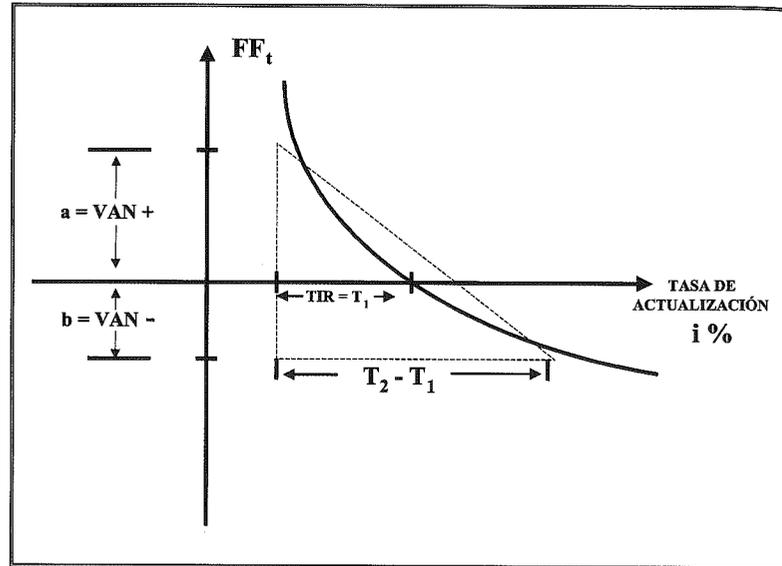
- TIR = Tasa Interna de Retorno  
 $i_1$  = Tasa de actualización inferior en (%)  
 $i_2$  = Tasa de actualización superior en (%)  
 FF+ = Suma flujos de fondos actualizados con  $i_1$   
 FF- = Suma flujos de fondos actualizados con  $i_2$

Es recomendable tomar variaciones de tasas de interés entre  $i_1$  y  $i_2$  de 5 al 10% a lo más, esto permitirá más precisión en el proceso de cálculo, debido a que la interpolación lineal se realiza en un intervalo pequeño.

**PRESENTACIÓN GRÁFICA:**

Su interpretación se hace a través de la siguiente gráfica:

**Fig. 8.1. Interpretación Gráfica DEL VAN**



Como la TIR es la tasa de actualización que hace que el VAN = 0 y su obtención se hace a través de triángulos semejantes como:

$$\frac{T_2 - T_1}{a + b} = \frac{TIR - T_1}{a}$$

De donde:

$$TIR = T_1 + (T_2 - T_1) \left[ \frac{VAN \oplus}{\sum VAN} \right]$$

**8.1.4.4 Beneficio / Costo:**

Este indicador financiero mide la relación o nivel en que el beneficio traído a valor presente es mayor que el costo e inversión traídos a valor presente y viceversa.

Es usado para comparar las veces que el beneficio es mayor que la inversión y pérdidas si existiesen en el plan de proyecto.

La ecuación representativa es:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n FF_t \text{ (positivos)} / (1+i)^t}{\sum_{t=0}^n FF_t \text{ (negativos)} / (1+i)^t}$$

Donde:

- FFt = Flujo de fondos (t=0,1,...,n)
- i = Costo de capital o TREMA
- t = Tiempo

**CRITERIOS DE DECISIÓN:**

B/C > 1	Aceptar proyecto
B/C < 1	Rechazar proyecto
B/C = 1	Punto de equilibrio

**8.1.4.5 Rendimiento Unitario sobre la Inversión (RUSI)**

Esta técnica no se emplea hoy día en nuestro país, sin embargo es importante hacer uso de ellas, debido a que proporcionan mayor información para el tomador de decisiones, su uso generalizado se lleva a cabo en Europa y USA, como su nombre lo expresa, este indicador mide la eficiencia en pesos por unidad de la inversión en términos relativos, su forma de medida es:

$$RUSI = \left[ \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FF_t}{(1+i)^t}}{I_T} \right] - 1$$

Donde:

FF<sub>t</sub> = Flujo de fondos

i = Costo de capital

IT = Inversión total

Como medio de explicación del potencial que tienen estos métodos se hará uso del siguiente caso, tomado de González Santoyo F. (1985).

### 8.1.5 Aplicación

El complejo industrial forestal "La Astilla Fina", en la línea de aserrío desea emprender un nuevo negocio para lo cual realiza un estudio de factibilidad en este renglón. De los estudios financieros se obtuvieron los siguientes flujos de fondos, a través de los cuales se desea conocer la tasa interna de retorno de dicho proyecto:

PERIODO	FLUJO DE -FONDOS	FF <sub>A</sub> (70%)	FF <sub>A</sub> (80%)
0	-24 034 844	-24 034 844	
1	15 419 325	9 070 263.7	8 556 976.9
2	19 891 965	6 883 017.7	6 139 456.0
3	18 335 277	3 371 962.2	3 143 949.9
4	18 820 397	2 251 366.1	1 792 831.0
5	17 389 677	1 224 754.9	920 261.7
6	18 761 143	777 274.1	551 577.6
7	18 759 983	457 180.7	306 350.5
8	18 666 299	267 874.7	169 303.3
9	18 640 033	157 135.4	93 945.7
10	18 555 276	92 034.1	51 954.7
11	9 980 713	29 143.6	15 569.9
TOTAL		909 163.2	-2 282 666.8

Donde la tasa interna de retorno es:

$$TIR = 70 + \left[ \frac{909163.2}{909163.2 + 2282666.8} \right] (80 - 70) = TIR = 72.85\%$$

Ahora i = 30% (anual), para VAN

PERIODO	FF <sub>A</sub>
0	-24 034 844.000
1	11 861 019.230
2	11 770 393.490
3	8 345 597.178
4	6 589 544.134
5	4 683 545.610
6	3 886 862.521
7	2 989 709.382
8	2 228 291.776
9	1 757 747.570
10	1 345 965.399
11	556 909.584
TOTAL ⊕	56 075 585.840

$$VAN = -24 034 844 + (56 075 585.840)$$

$$VAN = 32 040 741.84$$

$$B/C = \frac{56075585.84}{24034844} = 2.33 \text{ veces}$$

$$RUSI = \left[ \frac{56075585.84}{24034844} \right] - 1 = 1.33$$

$$PRC = \frac{24034844}{A} = \frac{24034844}{17816829.49} = 1.348 \text{ ciclos}$$

CRITERIO	INDICADOR	UNIDAD	DECISIÓN
VAN	32 040 741.84	\$	Aceptar proyecto
TIR	72.85	%	Aceptar proyecto
B/C	2.33	Veces	Aceptar proyecto
RUSI	1.33	\$	Aceptar proyecto
PRC	1.348	Años	Aceptar proyecto

### 8.1.6 Conclusiones

Sería ingenuo realizar un ranking entre los cinco modelos, para seleccionar el mejor. Cada uno de ellos presenta su propia valía. Es recomendable usarlos de forma complementaria, debido a que cada uno muestra un aspecto diferente del problema. Su uso simultáneo puede dar una visión más completa de las distintas facetas de la realidad.

El análisis de un proyecto de inversión desde diferentes puntos de vista es lo que aproxima al tomador de decisiones a la realidad. En efecto se tiene que ningún modelo matemático es capaz de aportar una solución que pueda aplicarse de forma inmediata (automática). El juicio personal de los tomadores de decisiones es siempre ineludible. Debido a que ningún modelo incorpora todas las variables que actúan en realidad. El juicio de un tomador de decisiones nunca puede ser sustituido por un modelo matemático, sin embargo está apoyado fuertemente en él. Los modelos de evaluación que se usan en las evaluaciones financieras en la práctica no deberán ser tomadas más que como apoyos al razonamiento humano, no como sustitutos de él.

## 8.2 PROPUESTA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO FINANCIERO

### 8.2.1 Introducción

El Riesgo de un proyecto de inversión se define como la variación existente entre sus flujos de efectivo reales, con respecto a los esperados. En la práctica se maneja que entre más variabilidad exista entre lo proyectado (esperado) y lo real el proyecto es considerado más riesgoso.

El Riesgo Emmet J. Vaughan (1997). Es representado desde diversas perspectivas, entre sus diversas definiciones se tienen las siguientes.

- El Riesgo representa el cambio de pérdidas.
- El Riesgo representa la posibilidad de pérdida.
- El Riesgo es incertidumbre.
- El Riesgo representa la dispersión entre lo actual y los resultados esperados.
- El Riesgo es representado como la probabilidad de toda consecuencia diferente con respecto a una esperada.

Debido a que un equivalente semántico en teoría clásica de riesgo es la Incertidumbre. Desde este enfoque primario. Acosta Flores J. (1975), establece que la probabilidad es una medida de la incertidumbre, debido a esto la probabilidad de un evento indica la posibilidad de que este ocurra y debe cumplir con los axiomas de Kolmogorov.

Una probabilidad es subjetiva en el sentido que dos personas razonables, pueden asignar diferentes probabilidades al mismo evento. Esto no significa que la asignación será arbitraria. Las personas que hacen esta asignación basadas en la experiencia que han tenido más o menos la misma, su asignación de probabilidades al evento será muy similar, sus valores serán muy próximos entre sí.

En este sentido es importante establecer la preferencia de los decisores los posibles comportamientos se pueden formular, por ejemplo considérese la siguiente situación. Se tira una moneda legal, si sale águila se ganan \$ 500 y si sale sol perderemos \$ 40. la probabilidad asociada a cada evento será de 0.5.

Las interrogantes asociadas serán: si aceptamos participar en el juego (lotería). Si la respuesta es no, se trata de un comportamiento con aversión al riesgo. Si es si, la siguiente pregunta es cuál es la mínima cantidad que estamos dispuestos a aceptar para dejar que otro juegue en lugar nuestro, a esta cantidad se le llama Equivalente bajo Certeza (EBC). Si la respuesta es menor que el valor esperado de la lotería (donde este es de \$ 230), el comportamiento sigue siendo de aversión al riesgo. Si EBC es mayor que el valor esperado el comportamiento es de propensión al riesgo y si es igual se trata de neutralidad al riesgo.

Por lo anterior es posible medir la prima de riesgo (PR), esta es la diferencia del valor esperado menos el equivalente bajo certeza, la ecuación de (PR) es:

$$PR = E(X) - EBC \tag{1}$$

Donde:

PR = prima de riesgo

E(X) = valor esperado de una lotería

EBC = equivalente bajo certeza

X = Resultados adoptados por la lotería

Si la prima de riesgo es positiva se tiene aversión al riesgo y representa la cantidad que una persona está dejando de ganar por esta aversión. Si es igual a cero el comportamiento es de neutralidad al riesgo y si es negativa se trata de propensión al riesgo y representa la cantidad que valúa esa propensión. Esto se mostrado en la tabla 8.1.

**Tabla 8.1. Comportamiento de la Prima de Riesgo**

Indicador	Comportamiento
PR > 0	Aversión al Riesgo
PR = 0	Neutro al Riesgo
PR < 0	Propensión al Riesgo

Aversión al Riesgo, el caso más común es cuando aumenta el capital esa aversión puede aumentar, permanecer constante o disminuir. Esto se puede medir observando la variación de la prima de riesgo.

- Si la prima de riesgo aumenta al crecer el capital se tiene un comportamiento de aversión creciente al riesgo.
- Si la prima de riesgo no varía al aumentar el capital se trata de aversión constante.
- Si la prima de riesgo disminuye al aumentar el capital la aversión al riesgo es decreciente. Este es el comportamiento más común, mientras más capital tenemos mayor riesgo estamos dispuestos a afrontar.

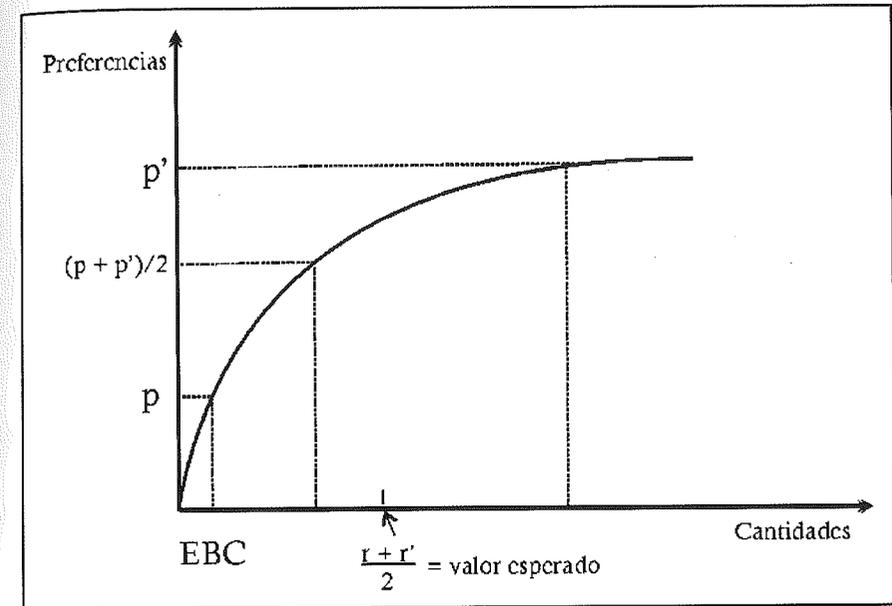
### 8.2.2 Curvas de Preferencia

Supóngase que la curva de preferencia del decisor es cóncava respecto al eje horizontal. Considerando la lotería 0.5 (r), 0.5 (r'), por lo que  $E(x) = 0.5(r) + 0.5(r') = (r + r')/2$ .

En la curva de preferencia se puede establecer que r es p y la de r' es p'. La preferencia de la lotería es su preferencia esperada, y es igual a  $0.5 p + 0.5 p' = (p+p')/2$ .

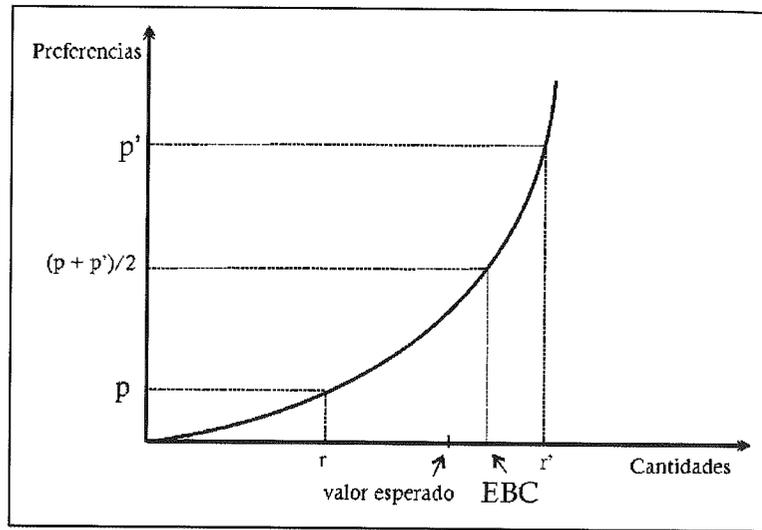
Luego el valor que tiene esa preferencia corresponde al equivalente bajo certeza de la lotería. Como EBC es menor que el valor esperado se concluye que una curva cóncava representa un comportamiento de aversión al riesgo como se observa en la Fig. 8.2.

**Fig. 8.2. Curva de Preferencia Cóncava**



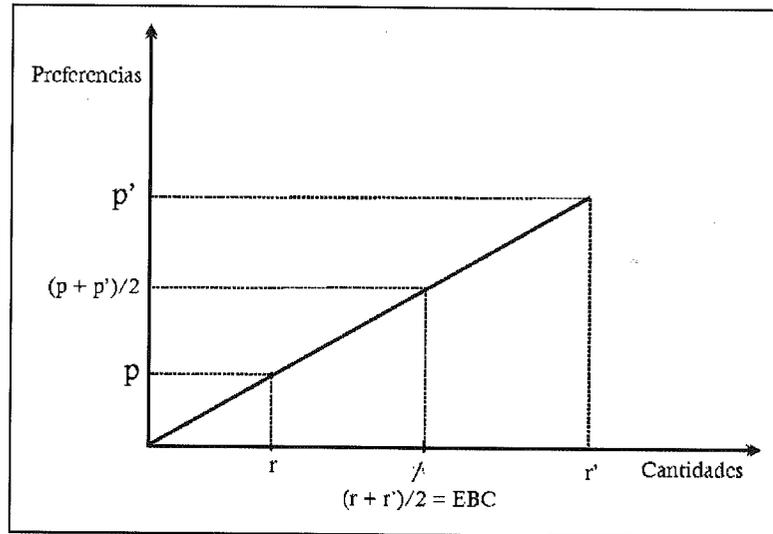
Haciendo un análisis semejante con una curva convexa respecto al eje horizontal se concluye que representa un comportamiento de propensión al riesgo como se observa en la Fig. 8.3.

**Fig. 8.3. Curva de Preferencia Convexa**



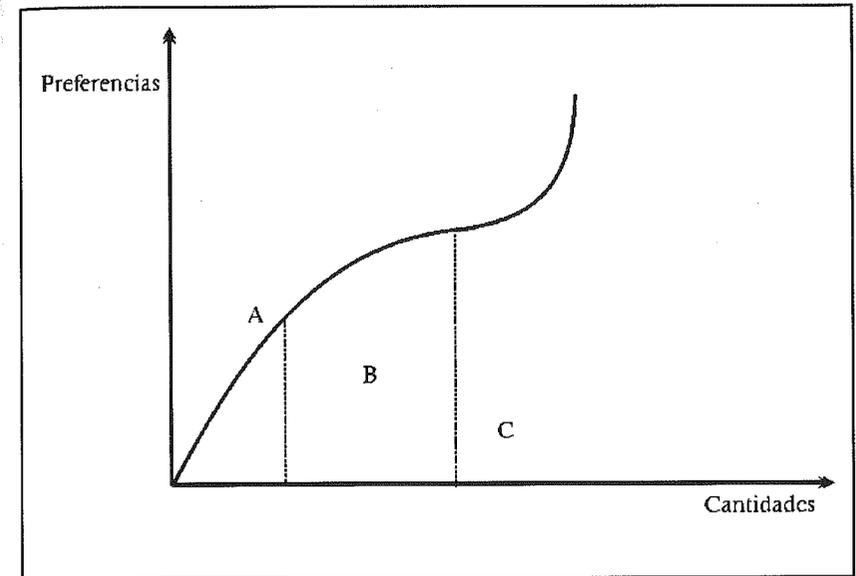
La línea recta representa la neutralidad al riesgo como se muestra en la Fig. 8.4

**Fig.8.4. Curva Lineal de Preferencia**



Se tiene que el decisor puede tener una combinación de esos comportamientos dependiendo de las cantidades de recurso financiero que estén en juego y este dispuesto a invertir. Por ejemplo podría ser con neutralidad al riesgo en cantidades pequeñas donde no le importa mucho (A), después con aversión al riesgo (B) y tal vez posteriormente exista algún nivel de aspiración, donde por llegar ahí se está dispuesto a correr grandes riesgos (C), como se observa en la Fig. 8.5.

**Fig. 8.5. Comportamiento Mixto del Inversionista**



De las gráficas anteriores se tiene que el comportamiento del decisor puede clasificarse como:

**Tabla 8.2. Comportamiento de la Función de Riesgo**

Estado del Riesgo	Comportamiento
<b>Propensión</b>	<b>Creciente</b>
<b>Neutralidad</b>	<b>Constante</b>
<b>Aversión</b>	<b>Decreciente</b>

Sin embargo se tiene que las decisiones son la respuesta a una interrogante cuyos hechos a su alrededor tienen tanta incertidumbre que la respuesta no es obvia. Ramírez Sarrión D. (1998) y González Santoyo F. et al. (2000), establecen dos tipos de Incertidumbre la óptica y la epistémica. La óptica se vincula a los hechos y los entes, la epistémica al conocimiento, por lo anterior la Incertidumbre se define como la ausencia de certeza o conocimiento seguro.

Desde hace un cierto tiempo los estudios de economía y gestión de empresas Gil Aluja J. (1999), están intentando canalizar sus inquietudes para resolver los graves problemas que los sistemas sociales, económicos y empresariales están planteando como consecuencia de la situación de incertidumbre característica de nuestra época.

Así en el medio científico un buen número de ellos hacen propuestas que, en diferentes sentidos convergen en dar un nuevo tratamiento tanto a viejos problemas como a los que van surgiendo del complejo mundo de las relaciones económico – financieras.

Hoy día es necesario explicar los fenómenos que aparecen en cada momento apreciando los cambios inductores de incertidumbre, de esto es posible obtener ciertos comportamientos expresables la mayor parte de ellos mediante posibilidades, algunos a través de probabilidades y muy pocos por certeza.

Por lo anterior es evidente el establecer procesos de el como utilizar el análisis numérico, principalmente en la certeza y el azar, pero también en la incertidumbre, en los que se apoyan los tratados en este trabajo.

En Kaufman A., Gil Aluja J. (1990), se establece que la Incertidumbre y la Aleatoriedad son palabras que se usan con frecuencia de forma indistinta incluso en el ámbito científico. Sin embargo es importante hacer notar que a ningún ser humano de ciencia le pasará por alto la existencia de una diferenciación entre lo que no es mensurable y lo que es mensurable. La principal herramienta matemática para el tratamiento de la incertidumbre es la teoría de lo difuso y de la valuación con sus infinitas variantes. Mientras que la relativa al azar es la teoría de probabilidades.

Para cada proyecto bajo estudio se pueden hacer estimados de diversos flujos de efectivo futuros. Antes de estimar solamente el resultado del flujo más probable para cada año en el futuro. De esta forma se está en posibilidad de considerar la escala de posibles flujos de efectivo para un período futuro en particular, en lugar de un solo el flujo de efectivo más probable, en este sentido una herramienta eficiente para

conocer la variabilidad existente en los flujos de efectivo para todo tiempo es la:

### 8.2.3 Medición de la Dispersión

En la Teoría clásica del tratamiento del azar la dispersión es una forma de conocer el riesgo, el mismo está asociado a la obtención del nivel de alejamiento o acercamiento de la información de los flujos de fondos con respecto al valor medio de los mismos, para el caso se pueden usar eficientemente los indicadores de dispersión de la Estadística Descriptiva estos son:

- Varianza ( $s^2$ )
- Desviación Estándar ( $s$ )
- Coeficiente de Variación (C.V.)

Las distribuciones de probabilidades de los flujos de efectivo de cualquier proyecto de inversión, se pueden resumir en términos de dos parámetros de la distribución los cuales son:

- El Valor Esperado
- La Desviación Estándar

**El Valor Esperado de los Flujos de Efectivo para el período (t), se define como (VEF).**

$$VEF = \sum_{x=1}^n (F_{xt})(P_{xt}) \quad (2)$$

Donde:

VEF = Valor esperado de flujo de efectivo para (t)

$F_{xt}$  = Flujo de efectivo para la  $x$ -ésima posibilidad al período (t)

$P_{xt}$  = Probabilidad de que ocurra ese flujo de efectivo

$n$  = Número total de posibilidades de que ocurra el flujo de efectivo en (t).

Se tiene que la medida convencional de la dispersión es la desviación estándar, mientras más estrecha es la distribución más pequeña deberá ser esta medida, mientras más amplia es la distribución mayor será este indicador.

- **DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE FLUJOS DE EFECTIVO** para el período (t).

Se representa como:

$$\sigma_t = \sqrt{\sum_{x=1}^n (F_{xt} - VEF)^2 (P_{xt})} \quad (4)$$

- **COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)**

Una medida de dispersión relativa es el coeficiente de variación, se expresa como el cociente entre la desviación estándar y el valor esperado. Por lo que es una forma de medir el riesgo en términos relativos o porcentuales, la ecuación representativa es:

$$C.V. = (s/VEF) * 100 \quad (5)$$

Como vía de explicación de estos indicadores del riesgo se usará el siguiente caso:

Ejemplo: Supóngase que la Compañía "W" en su planeación estratégica, ha considerado dos propuestas de inversión (A y B) que considera incrementará eficientemente el posicionamiento corporativo en el mercado global. Los expertos financieros de la Compañía después de evaluar el futuro conforme con cada una de las situaciones citadas en la tabla siguiente determinaron que los flujos de efectivo para cada año son:

**Tabla 8.3. Flujos de Efectivo**

ESTADO DE LA ECONOMÍA	FLUJOS EFECTIVOS (AÑO 1)	
	PROPUESTA (A)	PROPUESTA (B)
Recesión Grave (RG)	\$ 3000	\$ 2000
Recesión Leve (RL)	3500	3000
Normal (N)	4000	4000
Auge Menor (AM)	4500	5000
Auge Mayor (AM1)	5000	6000

Para el caso se observa que los flujos de la propuesta B son mayores y representan una mayor dispersión que los de la A; por lo que se considera que es más riesgosa. Sin embargo para medir el nivel de riesgo se requiere tener más información adicional, asociada con el conocimiento de la probabilidad de que ocurran los diversos estados de la economía, estos de acuerdo a los análisis de los expertos financieros de la empresa se han determinado como se muestra.

**Tabla 8.4. Nivel de Probabilidad en Inversiones**

ESTADO DE LA ECONOMÍA	PROPUESTA (A)		PROPUESTA (B)	
	Probabilidad	Flujo de Efectivo	Probabilidad	Flujo de Efectivo
RG	.10	\$ 3000	.10	\$ 2000
RL	.20	3500	.20	3000
N	.40	4000	.40	4000
AM	.20	4500	.20	5000
AM1	.10	5000	.10	6000
	1.0		1.0	

De la tabla se observa que la dispersión de los flujos de efectivo es mayor para la propuesta B que para la propuesta A, a pesar de que el resultado más probable es el mismo para ambas propuestas de inversión: \$ 4000. De acuerdo a los criterios tradicionales de evaluación de inversiones, la empresa clasificaría de igual forma las propuestas, sin embargo si el decisor toma en cuenta la dispersión del comportamiento de los flujos, el riesgo está relacionado con la distribución de probabilidades de los posibles flujos de efectivo en el ejemplo. Se consideraría que entre mayor sea la dispersión mayor será el riesgo, por lo que la propuesta B será la inversión más riesgosa de acuerdo al comportamiento de la dispersión observada en la variación de dichos flujos.

*"Si la Gerencia, los accionistas y los acreedores sienten aversión al riesgo, preferirán la propuesta A a la propuesta B".*

**OBTENCIÓN DE INDICADORES DE RIESGO EN EL AZAR**

Para el caso de análisis:

**Tabla 8.5. Evaluación de la Propuesta de Inversión (A)**

Flujo de Efectivo Posible $F_{xt}$	Probabilidad de Ocurrencia $P_{xt}$	$(F_{xt})(P_{xt})$	$(F_{xt} - VEF)^2(P_{xt})$
\$ 3000	.10	\$ 300	$(3000-4000)^2(.1)$
3500	.20	700	$(3500-4000)^2(.2)$
4000	.40	1600	$(4000-4000)^2(.4)$
4500	.20	900	$(4500-4000)^2(.2)$
5000	.10	500	$(5000-4000)^2(.1)$
	1.0	\$ 4000 = VEF	\$ 300 000 = $\sigma^2$
Total			$(300\ 000)^{0.5} = \$548 = \sigma$

El valor esperado de la propuesta A es \$ 4000, de forma análoga para la propuesta B, Sin embargo, la desviación estándar para la propuesta A es de \$ 548, mientras que la desviación estándar para la propuesta B es de \$ 1095. Por lo anterior se observa que la propuesta B tiene una dispersión mayor, por tanto representa un mayor riesgo.

Para el Coeficiente de Variación los resultados son:

$$C.V.(A) = 548/4000 = 0.14 = 14 \%$$

$$C.V.(B) = 1095/4000 = 0.27 = 27 \%$$

Por lo anterior, se observa bajo este criterio que la propuesta B tiene más riesgo con respecto de la A, esto es presentado como:

**Tabla 8.6. Indicadores de Riesgo en el Azar**

Propuesta de Inversión	VEF	$\sigma$	C.V.
A	4000	548	14 %
B	4000	1095	27 %

**8.2.4 Análisis en la Incertidumbre**

Para el caso se hace un análisis difuso del de riesgo, este puede ser ejecutado haciendo uso del ejemplo tratado en el apartado anterior, tomando las consideraciones que la Compañía "W" en un estudio de comportamiento ante la incertidumbre, los expertos financieros de la empresa consideran que la información presentada para las propuestas de inversión se mueven en los rangos mostrados para cada estado como un número difuso triangular presentado en las tablas siguientes.

**Tabla 8.7. Flujos de Efectivo (CICLO 1)**

Estado de la Economía	Propuesta A	Propuesta B
RG	(2800, 3000, 3500)	(1500, 2000, 2500)
RL	(3200, 3500, 3800)	(2500, 3000, 3500)
N	(3800, 4000, 4500)	(3500, 4000, 4500)
AM	(4300, 4500, 5000)	(4500, 5000, 5500)
AM1	(4900, 5000, 5500)	(5500, 6000, 6500)

Para el cálculo y análisis de los indicadores financieros en difusos, se hace necesario establecer los intervalos de confianza para los flujos en función de los distintos estados de la economía y del nivel de posibilidad que los expertos financieros han establecido para el análisis, considerándose de acuerdo a su experiencia y expertiz como los más eficientes, estos se muestran en las tablas siguientes.

**Tabla 8.8. Intervalos de Confianza (A)**

Estado de la Economía	Intervalo de Confianza	Int. Confianza(posibil)
RG	$(2800+200\alpha, 3500-500\alpha)$	$(0.09+0.01\alpha, 0.11-0.01\alpha)$
RL	$(3200+300\alpha, 3800-300\alpha)$	$(0.19+0.01\alpha, 0.21-0.01\alpha)$
N	$(3800+200\alpha, 4500-500\alpha)$	$(0.35+0.05\alpha, 0.41-0.01\alpha)$
AM	$(4300+200\alpha, 5000-500\alpha)$	$(0.19+0.01\alpha, 0.21-0.01\alpha)$
AM1	$(4900+100\alpha, 5500-500\alpha)$	$(0.09+0.01\alpha, 0.11-0.01\alpha)$

Tabla 8.9. Intervalos de Confianza (B)

Estado de la Economía	Intervalo de Confianza	Int. Confianza(posibil)
RG	$(1500+500\alpha, 2500-500\alpha)$	$(0.09+0.01\alpha, 0.11-0.01\alpha)$
RL	$(2500+500\alpha, 3500-500\alpha)$	$(0.19+0.01\alpha, 0.21-0.01\alpha)$
N	$(3500+500\alpha, 4500-500\alpha)$	$(0.35+0.05\alpha, 0.41-0.01\alpha)$
AM	$(4500+500\alpha, 5500-500\alpha)$	$(0.19+0.01\alpha, 0.21-0.01\alpha)$
AM1	$(5500+500\alpha, 6500-500\alpha)$	$(0.09+0.01\alpha, 0.11-0.01\alpha)$

Tabla 8.10. Análisis de la Propuesta de Inversión (A)

$\alpha$	VEF	$\sigma^2$	$\sigma$	C.V.
0.0	(3,448.0000, 4683.0000)	(1,041,976.9900, 1449071.2000)	(1,020.7727, 1203.7737)	(0.2571, 0.2960)
0.1	(3,501.5800, 4612.6300)	(904,994.6092, 1235510.4979)	(951.3120, 1111.5352)	(0.2410, 0.2717)
0.2	(3,555.5200, 4542.7200)	(781,401.8097, 1044068.5404)	(883.9693, 1021.7967)	(0.2249, 0.2486)
0.3	(3,609.8200, 4473.2700)	(671,422.9670, 874678.1247)	(819.4040, 935.2423)	(0.2091, 0.2270)
0.4	(3,664.4800, 4404.2800)	(575,274.7244, 727268.5317)	(758.4687, 852.8004)	(0.1936, 0.2070)
0.5	(3,719.5000, 4335.7500)	(493,166.0497, 601765.5063)	(702.2578, 775.7355)	(0.1789, 0.1888)
0.6	(3,774.8800, 4267.6800)	(425,298.2926, 498091.2379)	(652.1490, 705.7558)	(0.1654, 0.1728)
0.7	(3,830.6200, 4200.0700)	(371,865.2420, 416164.3414)	(609.8075, 645.1080)	(0.1536, 0.1592)
0.8	(3,886.7200, 4132.9200)	(333,053.1825, 355899.8372)	(577.1076, 596.5734)	(0.1443, 0.1485)
0.9	(3,943.1800, 4066.2300)	(309,040.9524, 317209.1322)	(555.9145, 563.2132)	(0.1385, 0.1410)
1.0	(4,000.0000, 4000.0000)	(300,000.0000, 300000.0000)	(547.7226, 547.7226)	(0.1369, 0.1369)

Tabla 8.11. Análisis de la Propuesta de Inversión (B)

$\alpha$	VEF	$\sigma^2$	$\sigma$	C.V.
0.0	(3185.0000, 4725.0000)	(2465568.7500, 3115686.2500)	(1570.2130, 1765.1307)	(0.3736, 0.4930)
0.1	(3262.4500, 4650.2500)	(2222495.5074, 2763737.3776)	(1490.8036, 1662.4492)	(0.3575, 0.4570)
0.2	(3340.8000, 4576.0000)	(2003990.5280, 2446780.8256)	(1415.6237, 1564.2189)	(0.3418, 0.4237)
0.3	(3420.0500, 4502.2500)	(1810571.2686, 2165075.2476)	(1355.5747, 1471.4195)	(0.3268, 0.3934)
0.4	(3500.2000, 4429.0000)	(1642743.1860, 1918870.4412)	(1281.6954, 1385.2330)	(0.3128, 0.3662)
0.5	(3581.2500, 4356.2500)	(1500999.8047, 1708407.2266)	(1225.1530, 1307.0605)	(0.3000, 0.3421)
0.6	(3663.2000, 4284.0000)	(1385822.7840, 1533917.3248)	(1177.2097, 1238.5142)	(0.2891, 0.3214)
0.7	(3746.0500, 4212.2500)	(1297681.9858, 1395623.2365)	(1139.1585, 1181.3650)	(0.2805, 0.3041)
0.8	(3829.8000, 4141.0000)	(1237035.5420, 1293738.1204)	(1112.2210, 1137.4261)	(0.2747, 0.2904)
0.9	(3914.4500, 4070.2500)	(1204329.9219, 1228465.6715)	(1097.4197, 1108.3617)	(0.2723, 0.2804)
1.0	(4,000.0000, 4000.0000)	(1200000.0000, 1200000.0000)	(1095.4451, 1095.4451)	(0.2739, 0.2739)

De lo anterior los resultados de ambas propuestas de inversión ante la Incertidumbre son:

Tabla 8.12. Indicadores del Riesgo en la Incertidumbre

Propuesta de Inversión	$\sigma^2$	$\sigma$	C.V.
A	(300000.0000, 1041976.9900, 1449071.2000)	(547.7226, 1020.7727, 1203.7737)	(0.1369, 0.2571, 0.2960)
B	(1200000.0000, 2465568.7500, 3115686.2500)	(1095.4451, 1570.2130, 1765.1307)	(0.2739, 0.3763, 0.4930)

### 8.2.5 Propuesta de Evaluación del Riesgo Financiero

En situaciones en que las empresas en su planeación estratégica establecen propuestas de inversión independientes o complementarias, se recomienda hacer uso de la metodología propuesta a continuación, esta presenta la fortaleza de incluir los análisis del azar y poder definir los (n) posibles intervalos en los que un decisor puede definir su posición y preferencia.

**Fig. 8.6. Propuesta Metodológica**

- A: Inicio
- Definición del problema.
- Obtención y ordenamiento de información.
- Evaluación del riesgo con información determinística.
- Evaluación de indicadores del riesgo en el azar.
- Evaluación de indicadores del riesgo en la incertidumbre.
- Establecimiento y ubicación de indicadores de riesgo (finales) ante el comportamiento del decisor , tomando como base inf. determinística, el azar y la incertidumbre.
- Toma de decisiones (selección de inversión (es) más eficientes).
- Si la decisión no es satisfactoria, ir a A.

### 8.2.6 Resultados y Conclusiones

Los resultados obtenidos en el azar y la incertidumbre son:

**Tabla 8.13. Resultados**

Propuesta de Inversión	$\sigma_A$	C.V.A	$\sigma_I$	C.V.I
A	548	14 %	(547.7226, 1020.7727, 1203.7737)	(0.1369, 0.2571, 0.2960)
B	1095	27 %	(1095.4451, 1570.2130, 1765.1307)	(0.2739, 0.3763, 0.4930)

Del análisis bajo el azar a pesar de que el valor esperado es el mismo \$ 4000, si este es tomado como indicador de decisión, ambas propuestas son igualmente atractivas para invertir, sin embargo si se toma (sA) o (C.V.A) se observa que la propuesta (B) presenta una mayor dispersión de los flujos de fondos , por tanto un mayor nivel de riesgo financiero con respecto de (A), de los anterior se tiene que si los inversionistas de la compañía "W" sienten aversión al riesgo preferirán la propuesta (A) con respecto de (B) y si tienen propensión al riesgo de acuerdo a la tabla # 1 preferirán la propuesta de inversión (B).

El criterio de decisión anterior es consistente cuando dichas propuestas de inversión son evaluadas en la incertidumbre en este sentido se observa para (sA) respecto de (A) que si bien el valor más cierto esperado el 547.7226 aproximado a 548 que ofrece el análisis bajo el azar, el mismo se espera se mueva en el rango del número difuso (547.7226, 1020.7727, 1203.7737), así mismo para (C.V.A) se espera se mueva en el rango del número difuso (0.1369, 0.2571, 0.2960), de la misma forma para la propuesta (B).

Esta información le permitirá al inversionista, poder regular eficientemente su comportamiento de aversión, propenso y neutral ante el riesgo dependiendo de la circunstancias financieras y económicas que se presenten en el sistema de análisis, por lo que la toma de decisiones de alto nivel podrá ser potenciada apoyándose en la propuesta metodológica que se presenta en el presente trabajo.

## **ESTRATEGIAS PARA LA SELECCIÓN ÓPTIMA DE CARTERAS DE INVERSIÓN USANDO EL MODELO DE LA MOCHILA**

---

### **9.1 INTRODUCCIÓN**

Desde los inicios de la humanidad el ser humano inicio con las transacciones comerciales y financieras, la responsabilidad en la toma correcta de decisiones de inversión recae principalmente en la experiencia y buen criterio del inversionista, existen inversionistas cuya experiencia y habilidad llegan a ser tan eficientes que sus decisiones se caracterizan por ser acertadas en la mayoría de las ocasiones, sin embargo, la decisión basada en la experiencia por mucha que esta sea, no deja de ser una circunstancia cualitativa y no cuantitativa lo cual significa que puede existir una decisión basada en la experiencia que entregue excelentes rendimientos pero que no necesariamente sean los óptimos, es decir, los máximos que se pudieran tener matemáticamente.

Las técnicas de optimización presentan una opción para evaluar de una manera cuantitativa todos aquellos sistemas que se puedan modelar de forma matemática y de los cuales se requiera obtener los niveles máximos o mínimos (óptimos) a través de su implementación en sistemas computacionales que permitan obtener de manera sistemática los niveles exactos de la mezcla de opciones tales que constituyan un conjunto que entregue dichos niveles máximos o mínimos de la o las variables sujetas a optimización.

El área de las finanzas y el conjunto de opciones de inversión, por supuesto que son factibles de modelarse mediante ecuaciones matemáticas a las que se pueden aplicar técnicas de optimización para poder encontrar la mezcla de inversiones exacta que dé los máximos rendimientos y transformar la toma de decisiones de ser una cuestión que depende del criterio y la experiencia de una persona a ser una cuestión sistemática que se puede automatizar mediante el uso de algoritmos

implementados como programas de computadora que pueden operar en tiempo real recibiendo como entradas las condiciones cambiantes de los instrumentos de inversión y entregar como resultado la mezcla óptima del conjunto de inversiones que maximicen los beneficios para el inversionista y actuar como un herramienta de ayuda en la toma de decisiones o bien incluso como una herramienta completa de toma de decisiones.

Las técnicas de optimización que se han desarrollado a lo largo de los años son muchas y cada una de ellas tiene sus propias características y alcances. Algunas de las más conocidas son las técnicas de programación lineal, programación entera, programación dinámica (González S.F. 1995, 2005, 2011), etc. Otros de los métodos o técnicas de optimización que se han estudiado en los últimos años y que demuestran su gran capacidad en la solución de diversos tipos de problemas de diferentes niveles de complejidad y orden son aquellos que se pueden agrupar bajo el concepto de métodos "knapsack" o de la mochila y son los que en particular son motivo de estudio en el presente trabajo.

## 9.2 MODELOS DE LA MOCHILA (KNAPSACK)

Si se desea invertir todo o una parte del capital  $c$  unidades monetarias y se está considerando  $n$  posibles opciones de inversión en las cuales se tiene un beneficio  $p_j$  esperado en cada opción de inversión  $j$  y una cantidad de unidades monetarias  $w_j$  que requiere cada opción, entonces la solución óptima de inversión será el conjunto de opciones de inversión seleccionadas  $x_j$  tales que el beneficio total  $z$  sea el máximo. Este tipo de problema de optimización se conoce como el problema de la mochila (knapsack).

### • EVOLUCIÓN DE LOS ALGORITMOS DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE LA MOCHILA

Durante las últimas décadas el problema de la mochila (KP) se ha estudiado desde distintos enfoques (aproximaciones), de acuerdo al desarrollo teórico de la Optimización Combinatoria produciendo los primeros algoritmos en la década de los cincuenta a través de la teoría de la programación dinámica de Bellman que resuelve de manera exacta el problema de la mochila 0-1 o binario. En 1957 Dantzing genera un método eficiente para determinar la solución a la relajación continua del problema y por lo tanto la obtención de la cota superior (*Max*) en  $z$  la cual

se usó en los 20 años siguientes en casi todos los estudios KP [Martello y Toth, 1990].

En la década de los sesenta Gilmore and Gomory investigaron profundamente la aproximación de la programación dinámica a los problemas KP y otros tipos de problemas de la mochila y en 1967 Koster experimenta por primera vez con los algoritmos *Branch and Bound* (Ramificación y Acotamiento). En la década de los setenta se desarrolla completamente el de aproximación y Ramificación y Acotamiento probando ser el único método capaz de resolver problemas con un gran número de variables. Dentro de los algoritmos más conocidos de este periodo se encuentran los desarrollados por Horowitz y Sahni, con aportaciones de Ingargiola y Korsh con su primer procedimiento de reducción, Jonson con el primer esquema de aproximación polinomial en el tiempo extendiendo Sahni este resultado al problema de la mochila 0-1 o binario, Martello y Toth propusieron la primer cota superior dominando el valor de la relajación continua.

En la década de los ochenta los principales resultados tienen que ver con la solución de problemas de gran escala (tamaño), para los cuales el tiempo de ordenamiento que es necesario para la mayoría, toma el mayor porcentaje del tiempo de ejecución. En 1980 Balas y Zemel presentan una nueva aproximación para resolver el problema ordenando en muchos casos únicamente un pequeño subconjunto de variables las cuales representan el problema central.

## MODELOS MATEMÁTICOS

El problema de la mochila se puede formular matemáticamente numerando las opciones de inversión de 1 a  $n$  e introduciendo un vector de variables binarias  $x_j$  ( $j=1, \dots, n$ ) con el siguiente significado:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si se selecciona el objeto } j \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (1)$$

Por lo que si  $p_j$  representa el beneficio esperado por cada opción de inversión  $j$ , y  $w_j$  representa la cantidad de unidades monetarias que se requiere invertir en cada opción de inversión y  $c$  es el capital en unidades monetarias del que se dispone para invertir (tamaño de la mochila), entonces el problema consiste en seleccionar de entre todos los vectores binarios  $x$  que satisfacen la restricción:

$$\sum_{j=1}^n w_j x_j \leq c \quad (2)$$

Aquel que maximice la función objetivo:

$$z = \sum_{j=1}^n p_j x_j \quad (3)$$

Las ecuaciones anteriores se pueden entender de una manera más sencilla diciendo que la suma de las cantidades de unidades monetarias que se invierten en cada opción de inversión seleccionada, no puede exceder el capital con el que se cuenta para invertir (restricción), pero como existen muchas combinaciones que pueden cumplir con esta restricción se elige solo aquella que maximice el beneficio total obtenido (función objetivo).

Para poder resolver el problema de la mochila se podrían analizar todas las combinaciones posibles de inversión y elegir aquella que cumpla con las ecuaciones 2 y 3, sin embargo, este sería un método poco eficiente, sobretodo en problemas de gran magnitud, por lo que en las últimas décadas se han desarrollado diferentes algoritmos tanto exactos como aproximados para resolver el citado problema de la mochila.

#### • TIPOS DE PROBLEMAS DE LA MOCHILA

Dependiendo del alcance o la generalización de la solución del problema de la mochila, se derivan diferentes tipos de problemas de los cuales a continuación se definen algunos de ellos. En general se asume que los beneficios ( $p_j$ ), las cantidades de unidades monetarias que se requieren para cada inversión ( $w_j$ ) y el capital con el que se cuenta ( $c$ ), son enteros positivos, sin embargo, se pueden extender los resultados obtenidos al caso de valores reales y en la mayoría de los casos a valores no positivos.

Los diferentes tipos de problemas que se pueden generar dependiendo de su alcance o generalización son:

- Problema de la mochila (KP) 0-1
- Problema de la mochila de elección múltiple
- Problema de la mochila Acotado

- Problema de la mochila No Acotado
- Problema de suma de subconjuntos
- Problema Máquina de Cambio
- Problema de la mochila múltiple 0-1
- Problema de asignación generalizada

En el presente trabajo se aborda el problema de la mochila 0-1 y el cual se describe a continuación.

#### • PROBLEMA DE LA MOCHILA (0-1) O BINARIO

El problema de la mochila 0-1 o binario es el tipo de problema de la mochila más importante y uno de los más estudiados dentro de los problemas de programación discreta y está definido matemáticamente como lo presentan las ecuaciones 1-3. La razón se deriva básicamente de tres hechos:

- se puede ver como el problema de programación entera más simple.
- aparece como un subproblema en muchos problemas más complejos.
- puede representar a un gran número de situaciones prácticas.

La solución del problema de la mochila binario se puede llevar a cabo mediante el uso de diferentes algoritmos exactos y aproximados, tales como: el algoritmo de Greedy, de Horowitz-Sahni, de Martello-Toth, de programación dinámica, de esquemas de aproximación polinomial, de Balas-Zemel, de Fayard-Plateau, entre otros. Este tipo de problemas es de orden NP-completo.

En el presente trabajo se eligió el algoritmo de Greedy (glotón) como elemento para procesar el ejemplo de aplicación a la selección óptima de carteras de inversión.

#### • ALGORITMO DE GREEDY (GLOTÓN)

La forma más inmediata de determinar una solución aproximada al problema de la mochila binario explota el hecho de que el vector solución de opciones de inversión seleccionadas  $x$  tiene únicamente una variable fraccionaria  $x_i$  (elemento crítico: opción de inversión seleccionada que ya no cabe completa en la cartera de inversión o mochila, es decir, que hace que su selección haría que se requiriera un

capital mayor a aquel con el que se cuenta). Haciendo que esta opción no se seleccione ( $x_s = 0$ ) podemos obtener una solución aceptable y muy cercana  $z'$  a la exacta  $z$ .

$$z' = \sum_{j=1}^{s-1} p_j \quad (4)$$

Normalmente se esperaría que la solución aproximada  $z'$  se encuentre muy cercana a la solución exacta  $z$ , sin embargo, si el beneficio que entrega el elemento crítico  $p_s$  es relativamente grande se puede obtener una solución heurística mejorada  $z^h$  considerando:

$$z^h = \max(z', p_s) \quad (5)$$

Se asume que las opciones de inversión se encuentran ordenadas en forma descendente de acuerdo al valor del beneficio por unidad monetaria de cada opción de inversión, es decir:

$$\frac{p_1}{w_1} \geq \frac{p_2}{w_2} \geq \dots \geq \frac{p_n}{w_n} \quad (6)$$

### 9.3 PROGRAMA DESARROLLADO

A continuación se presenta el código del programa de implementación del algoritmo de Greedy desarrollado para el presente trabajo en Matlab®.

```
clear all
close all
% Programa que implementa el algoritmo de Greedy
% para la solución del problema de la mochila 0-1 o binario
%
% Se leen datos desde teclado
```

```
%
disp('Programa de implementacion del algoritmo de Greedy');
disp(' ');

n=input('Número de opciones de inversión n: ');
c=input('Capital total disponible para invertir c: ');
p=input('Vector de beneficios de cada opción de inversión {p}: ');
w=input('Vector de montos requeridos para cada opción de inversión
{w}: ');

% los datos de salida de este algoritmo son zg (Valor del beneficio total
óptimo) y {x} (vector de opciones seleccionadas)

% Empieza el algoritmo

ct=c;
zh=0;
ja=1;

for j=1:n,
    if w(j)>ct
        x(j)=0;
    else
        x(j)=1;
        ct=ct-w(j);
        zh=zh+p(j);
    end
    if p(j)>p(ja)
        ja=j;
    end
end
if p(ja)>zh
    zh=p(ja);
end
for j=1:n,
```

```

x(j)=0;
end
x(ja)=1;
end

disp('El valor del beneficio total óptimo es:')
zh
disp('El vector de opciones seleccionadas es:')
x
    
```

### 9.4 ANÁLISIS DE CASOS

#### Caso 1

Como caso de estudio para el análisis siguiente tomaremos un ejemplo de inversión construido de forma hipotética para mostrar el funcionamiento del método y algoritmo presentado en este trabajo. Sea el inversionista “W”, que cuenta con una disponibilidad de recurso financiero de \$ 25,000,000.00 de pesos mexicanos, y desea obtener un nivel de rendimiento financiero óptimo, dadas las opciones de inversión que se presentan en el mercado financiero, para tal efecto y de acuerdo a la investigación realizada para el instante de la decisión de inversión, encuentra que los niveles de ponderación o importancia que tienen para el inversionista los instrumentos de inversión 1, 2, 3, 4, 5, 6,7; en por unidad son:  $(w_j/c) = (0.5, 0.02, 0.3, 0.431, 0.25, 0.49, 0.41)$  y los niveles de beneficio que prometen en por unidad son  $(p_j/w_j) = (1.5, 2, 5, 0.5, 3, 0.1, 1.1)$ . El inversionista desea realizar inversiones a priori en todos los instrumentos, sin embargo para tomar la decisión final de invertir quiere conocer la forma óptima de hacerlo, para lo que es de interés usar el algoritmo para saber de una forma cuantitativa cuales son las opciones que más le convienen.

Para resolver este caso utilizando el método de la mochila haciendo uso del algoritmo Greedy para el caso las opciones de inversión se deben ordenar de acuerdo a la ecuación 6, quedando de la siguiente forma las opciones de inversión:

Tabla # 1. Datos para el caso 1 de inversión.

OPCIÓN	PONDERACIÓN $w_j$	BENEFICIO $p_j$	$p_j/w_j$
3	\$ 7,500,000.00	\$ 37,500,000.00	5.0
5	6,250,000.00	18,750,000.00	3.0
2	500,000.00	1,000,000.00	2.0
1	12,500,000.00	18,750,000.00	1.5
7	10,250,000.00	11,275,000.00	1.1
4	10,775,000.00	5,387,500.00	0.5
6	12,250,000.00	1,225,000.00	0.1

Una vez ordenada la información se alimentan los datos al programa que se presenta en la sección 3 entregando los siguientes resultados:

**Beneficio total óptimo  $z = \$ 68, 525, 000$**   
**Opciones seleccionadas: 2, 3, 5 y 7**

Tabla # 2. Conformación de la Cartera

OPCIÓN DE INVERSIÓN	MONTO
2	500 000
3	7 500 000
5	6 250 000
7	10 250 000
TOTAL	<b>24 500 000</b>

#### Caso 2

Para ilustrar de mejor manera la utilidad de los métodos de la mochila supongamos que los valores de los beneficios en por unidad se modifican debido a cambios drásticos en la cotización de cada instrumento de inversión quedando de la siguiente manera:  $(p_j/w_j) = (2, 1.1, 1.5, 0.7, 1, 2.5, 2.5)$ . Entonces al ordenar de acuerdo a la ecuación 6, las opciones de inversión quedarían de la siguiente manera:

**Tabla 3. Datos para el caso 2 de inversión.**

OPCIÓN	PONDERACIÓN $w_j$	BENEFICIO $p_j$	$p_j/w_j$
7	\$ 17,250,000.00	\$ 43,125,000.00	2.5
6	12,250,000.00	30,625,000.00	2.5
1	12,500,000.00	25,000,000.00	2.0
3	7,500,000.00	11,250,000.00	1.5
2	500,000.00	550,000.00	1.1
5	6,250,000.00	6,250,000.00	1.0
4	10,775,000.00	7,542,500.00	0.7

Al correr el algoritmo de Greedy con los datos que se presentan en la Tabla 2 se obtienen los siguientes resultados:

**Beneficio total óptimo  $z = \$ 54,375,000$**

**Opciones seleccionadas: 3 y 7**

**Tabla # 4. Conformación de la Cartera**

OPCIÓN DE INVERSIÓN	MONTO
3	7 500 000
7	17 250 000
<b>TOTAL</b>	<b>24 750 000</b>

Se puede observar que al cambiar los valores de beneficio que pueden entregar cada uno de los instrumentos de inversión, se modifican también las opciones que deben elegirse para tener un rendimiento óptimo y el valor del beneficio máximo cambia (aumenta o disminuye) pero sigue siendo el mejor rendimiento que se puede tener dadas las condiciones presentes de los instrumentos de inversión.

## 9.5 CONCLUSIONES

El presente trabajo presentó el uso de las técnicas de optimización conocidas como métodos de resolución del problema de la mochila, aplicados a la selección óptima de carteras de inversión como una herramienta cuantitativa y exacta.

El uso de herramientas matemáticas que se puedan implementar en forma de algoritmos que resuelvan el problema de elegir una cartera óptima de inversión permite la automatización de la toma de decisiones al implementarse en un sistema que opere en tiempo real tomando en consideración las condiciones cambiantes de los instrumentos de inversión en cada instante.

Cuando el tamaño del problema es muy grande, es decir, cuando la cantidad de opciones de inversión es muy amplia, la experiencia de un asesor financiero puede no ser suficiente para llevar a cabo la mejor selección de inversión, sobre todo con escenarios continuamente cambiantes por lo que una herramienta matemática implementada en forma de algoritmo en una computadora que puede encontrar la cartera de inversión óptima en fracciones de segundos puede resultar de mucha ayuda en la optimización de los beneficios obtenidos al realizar una inversión.

La aplicación de este tipo de modelos es de gran utilidad para la toma de decisiones en tiempo real cuando se conoce la información básica de referencias del inversionista (analista – decisor).

## FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESEMPEÑO DE LAS MIPYMES EN MICHOACÁN, MÉXICO: UN ENFOQUE DE LA TEORÍA DE LOS EFECTOS OLVIDADOS

---

### 10.1 INTRODUCCIÓN

Las interrelaciones entre las diferentes áreas funcionales que conforman una empresa, independientemente de su tamaño, presentan, en general, dinámicas muy complejas. Por ejemplo, la interacción entre recursos humanos, marketing, finanzas, producción, diseño de nuevos productos y abastecimientos, entre otras, es un proceso de relaciones intrincadas que cambian con el tiempo. Por otro lado, el proceso de globalidad exige a las empresas, de todos tamaños, aumentar sus esfuerzos para reducir su vulnerabilidad ante nuevos competidores, lo cual incorpora factores de riesgo e incertidumbre a dichas interrelaciones (Luis Bassa C. (2011), (Gil- Lafuente y Luis Bassa, 2011; y Álvarez-Biscarra, 2014). Este trabajo evalúa el desarrollo empresarial en el Estado de Michoacán mediante la teoría de efectos olvidados (TEO) propuesta por Gil-Aluja (2005) y (2004), y Kaufmann y Gil-Aluja (1988), en el marco de los conjuntos borrosos, a través de un conjunto de incidencias, explícitas, ocultas u olvidadas (voluntaria o involuntariamente) entre diversos factores y variables que impactan el desempeño autosostenido de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES)<sup>1</sup>.

La aplicación de la Teoría de Efectos Olvidados (TEO) en el análisis de las interrelaciones entre variables y factores que impactan el desempeño de una empresa permite descubrir relaciones de causalidad, directas e indirectas, entre los diferentes factores que impactan el

---

<sup>1</sup> Otras aplicaciones de la teoría de efectos olvidados se encuentran en Manna *et al.* (2017) y Arroyo y Cassú (2015).

desarrollo y el desempeño de una empresa. En este planteamiento se examina la incidencia entre todos los eventos, fenómenos y hechos que rodean a la empresa, así prácticamente toda actividad queda sometida a algún tipo de incidencia causa-efecto. Aun cuando se tiene un buen sistema de control, siempre surge la posibilidad de dejar de lado u olvidar de manera voluntaria o involuntaria algunas relaciones de causalidad que no siempre resultan explícitas, evidentes o visibles, y que por lo regular no son percibidas directamente; en particular, aquellas relaciones de incidencia que quedan ocultas por tratarse de efectos sobre efectos. Asimismo, el proceso de toma de decisiones de las empresas usualmente necesita apoyarse en herramientas, técnicas y modelos que generen una base técnica que considere toda la información, objetiva o subjetiva, para identificar relaciones de causalidad, directas e indirectas. Es común suponer que la red de incidencias en el desempeño de las empresas se transmite de forma encadenada, y en ocasiones se puede omitir, voluntaria o involuntariamente, alguna etapa. Y cada olvido lleva como consecuencia efectos secundarios que van repercutiendo en toda la red de relaciones de incidencia.

El objetivo de esta investigación, con base en la TEO, consiste en descubrir incidencias entre variables que reflejen no solo las relaciones de causalidad directa, sino también aquellas que, a pesar de no ser evidentes, existen y a veces son fundamentales para la adecuada y oportuna toma de decisiones. Para alcanzar este objetivo, es necesario establecer los mecanismos y dispositivos que modelen el hecho de que diferentes causas puedan tener efectos sobre sí mismas. No considerar las relaciones de causalidad, ocultas o indirectas, puede provocar traspies irreversibles en el proceso de planeación de las empresas.

La presente investigación se encuentra organizada de la siguiente forma: en la próxima sección se presenta la descripción del marco teórico y la metodología TEO; en la sección 3 se realiza una aplicación de la TEO a las MIPYMES michoacanas; en el transcurso de la sección 4 se discuten los resultados empíricos obtenidos; por último, en la sección 5 se presentan las conclusiones.

## 10.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Cuando se gestionan los procesos, es necesario considerar no solo los efectos directos y de corto plazo de unas variables sobre otras, sino también aquellos efectos que se producen de manera indirecta a través de elementos interpuestos que son solo susceptibles de ser medidos

en el largo plazo. En este sentido, puede haber muchos efectos generados en las diferentes variables involucradas que no han sido tomadas en cuenta de manera directa. La mayor parte de las consecuencias, positivas o negativas, de estas acciones se producen de manera indirecta, en ocasiones con un efecto multiplicador del total de la función de pertenencia. Asimismo, la irrupción de estos sistemas y sus elementos puede generar progreso y nuevas oportunidades para las empresas.

De acuerdo con Gil-Lafuente y Barcellos-de-Paula (2010) y Gil-Lafuente, González- Santoyo y Flores- Romero. (2015), Todos los eventos, fenómenos y hechos que rodean las actividades de una empresa están integrados en un sistema, por lo que se infiere que toda la actividad que se desarrolla en dicha empresa está influenciada por la incidencia de *causa-efecto* (Rico y Tinto, 2010). Por ejemplo, un día lluvioso tendrá efectos desfavorables para la fluidez de tránsito de vehículos y en las ventas de los comerciantes de comidas y bebidas frías, pero por otro lado tendrá efectos favorables para algunos cultivos, para la venta de paraguas y para el llenado de embalses en las plantas de generación de energía hidroeléctricas. Sin embargo, aun teniendo un buen sistema de planeación y control, en la vida real siempre existe la posibilidad de dejar de considerar u olvidar de forma voluntaria o no algunas relaciones de causalidad que no siempre resultan claras, por lo que no son percibidas en los procesos de análisis y las propuestas de solución de diversos problemas. Es común que muchas relaciones de incidencia se mantengan ocultas por tratarse de efectos sobre efectos, por lo que existirá una acumulación de causas que las provocan y que afectan el proceso de solución de problemas. En este sentido, la TEO es útil para determinar relaciones de causa y efecto, directas e indirectas, evidentes y ocultas.

En este proceso de incidencias, las relaciones causa-efecto son recurrentes. Por lo que las incidencias se pueden asociar a todas las actividades y acciones que se llevan a cabo en la empresas ya que todos los procesos que existen en las diferentes áreas funcionales de la misma se llevan a cabo de forma secuencial o en forma encadenada; siendo posible omitir de forma voluntaria e involuntaria alguna etapa de los procesos. Así pues, la incidencia se encuentra asociada a la idea de efectos de un conjunto de entidades sobre otro conjunto de entidades o sobre sí mismo. Este concepto se asocia a la idea de función y se encuentra presente en todos aquellos procesos en los que las incidencias se transmiten de forma encadenada. Por lo que cada olvido trae como consecuencia efectos secundarios que repercuten en toda la red de relaciones de incidencia en un proceso cuasi combinatorio.

Por lo anterior se considera que la incidencia es un concepto subjetivo y complicado de medir, pero su incorporación en el proceso de análisis y solución de problemas de toma de decisiones permite tener una mejor apreciación de las causas y efectos que se dan en dicho proceso. Por lo que se plantean relaciones de impacto de un conjunto de factores sobre otro, o sobre sí mismo. Sin embargo, las incidencias se propagan en una red de encadenamientos en la cual se obvian muchas etapas originando los denominados efectos de segunda generación. La incidencia es un concepto eminentemente subjetivo y, como tal, difícil de cuantificar. No obstante, la TEO permitirá establecer relaciones en la toma de decisiones en todos los niveles de la gestión empresarial.

La TEO inicia suponiendo que se tienen dos conjuntos de elementos (factores):  $A = \{a_i | i = 1, 2, \dots, n\}$  y  $B = \{b_j | j = 1, 2, \dots, m\}$ . Si se supone que existe una incidencia de las  $a_i$ s sobre las  $b_j$ s, y si el valor de la función característica de pertenencia del par  $(a_i, b_j)$  toma valores en  $[0, 1]$ , entonces el grado de incidencia de cada  $a_i$ , sobre cada  $b_j$  es una función de la forma  $\mu: AXB \rightarrow [0, 1]$  tal que  $\forall (a_i, b_j) \in AXB; \mu(a_i, b_j) \in [0, 1]$ . El conjunto de pares de elementos valuados definirá la matriz de incidencias directas a través de la cual se muestran las relaciones de causa-efecto que se producen con diferente graduación entre los elementos de  $A$  (causas) y los elementos de  $B$  (efectos), los cuales se denotan, de acuerdo con Gil Lafuente *et al.* (2010) y Gento *et al.* (1999), como la matriz de incidencia directa denominada de primer orden  $\tilde{M}$ , definida como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Matriz de incidencias  $\tilde{M}$  de primer orden

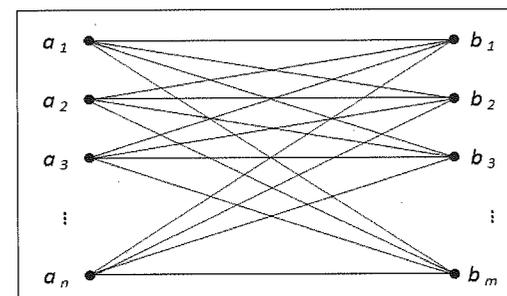


	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	...	$b_m$
$a_1$	$\mu_{a_1 b_1}$	$\mu_{a_1 b_2}$	$\mu_{a_1 b_3}$	$\mu_{a_1 b_4}$	...	$\mu_{a_1 b_m}$
$a_2$	$\mu_{a_2 b_1}$	$\mu_{a_2 b_2}$	$\mu_{a_2 b_3}$	$\mu_{a_2 b_4}$	...	$\mu_{a_2 b_m}$
$a_3$	$\mu_{a_3 b_1}$	$\mu_{a_3 b_2}$	$\mu_{a_3 b_3}$	$\mu_{a_3 b_4}$	...	$\mu_{a_3 b_m}$
$a_4$	$\mu_{a_4 b_1}$	$\mu_{a_4 b_2}$	$\mu_{a_4 b_3}$	$\mu_{a_4 b_4}$	...	$\mu_{a_4 b_m}$
$a_5$	$\mu_{a_5 b_1}$	$\mu_{a_5 b_2}$	$\mu_{a_5 b_3}$	$\mu_{a_5 b_4}$	...	$\mu_{a_5 b_m}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$a_n$	$\mu_{a_n b_1}$	$\mu_{a_n b_2}$	$\mu_{a_n b_3}$	$\mu_{a_n b_4}$	...	$\mu_{a_n b_m}$

Fuente: elaboración a partir de Gil Lafuente et al. (2010).

La representación de la matriz  $\tilde{M}$  se hace a través de un grafo (red) de incidencia asociado a  $\tilde{M}$ . Para el caso en que se tiene un par asociado  $(a_i, b_j)$  en el que el valor de la función característica de pertenencia es nulo para alguno de los casos particulares, el arco de referencia no existe (queda eliminado). Gráficamente  $\tilde{M}$  es representada en la Figura 1.

Figura 2. Representación de la matriz de incidencias  $\tilde{M}$  como un grafo



Fuente: elaboración a partir de Gil Lafuente et al. (2010).

Los valores incorporados en la matriz de incidencias son proporcionados por un panel de expertos en el campo, y cuya estimación es realizada al momento de establecer las repercusiones que tienen unos elementos sobre otros. Esta es la primera etapa en el análisis, para posteriormente hacer planteamientos que permitan recuperar diferentes niveles de incidencia que no han sido detectados o, de plano, olvidados en el proceso de análisis. Para ello se considera que un tercer conjunto de elementos  $C = \{c_k | k = 1, 2, \dots, p\}$ . Este conjunto está formado por elementos que actúan como efectos del conjunto  $B$ . La nueva matriz de incidencia  $\tilde{N}$  es representada en la Figura 3.

Figura 3. Matriz de incidencias  $\tilde{N}$

		$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	...	$c_p$
$\tilde{N} =$	$b_1$	$\mu_{b_1c_1}$	$\mu_{b_1c_2}$	$\mu_{b_1c_3}$	$\mu_{b_1c_4}$	...	$\mu_{b_1c_p}$
	$b_2$	$\mu_{b_2c_1}$	$\mu_{b_2c_2}$	$\mu_{b_2c_3}$	$\mu_{b_2c_4}$	...	$\mu_{b_2c_p}$
	$b_3$	$\mu_{b_3c_1}$	$\mu_{b_3c_2}$	$\mu_{b_3c_3}$	$\mu_{b_3c_4}$	...	$\mu_{b_3c_p}$
	$b_4$	$\mu_{b_4c_1}$	$\mu_{b_4c_2}$	$\mu_{b_4c_3}$	$\mu_{b_4c_4}$	...	$\mu_{b_4c_p}$
	$b_5$	$\mu_{b_5c_1}$	$\mu_{b_5c_2}$	$\mu_{b_5c_3}$	$\mu_{b_5c_4}$	...	$\mu_{b_5c_p}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$b_m$	$\mu_{b_m c_1}$	$\mu_{b_m c_2}$	$\mu_{b_m c_3}$	$\mu_{b_m c_4}$	...	$\mu_{b_m c_p}$	

Fuente: elaboración a partir de Gil Lafuente et al. (2010).

Las dos matrices de incidencia,  $\tilde{M}$  y  $\tilde{N}$ , tienen en común los elementos del conjunto  $B$ . La matriz  $\tilde{N}$  tiene, por supuesto, una representación de grafo tal que cada una de las flechas tiene asociado un valor numérico  $\mu(a_i, b_j)$  que indica el grado de incidencia de  $a_i$  sobre  $b_j$ .

Asimismo, existen dos relaciones de incidencia  $\tilde{M}$  y  $\tilde{N}$  que pueden ser vistas como subconjuntos borrosos de  $A \times B$  y  $B \times C$ , respectivamente. El nivel de incidencias de  $A$  sobre  $C$  se hace usando el operador Max-Min. A partir de  $\tilde{M}$  y de  $\tilde{N}$  se puede plantear una nueva relación de incidencia  $\tilde{P}$  entre los elementos  $A$  y  $C$  definida como  $\tilde{P} = \tilde{M} \circ \tilde{N}$  donde la operación  $\circ$  representa la composición Max-Min. La relación de la composición de dos relaciones inciertas es tal que  $\forall (a_i, c_p) \in A \times C$ :

$$\mu(a_i, c_p)_{\tilde{M} \circ \tilde{N}} = \bigvee_{b_j} (\mu_{\tilde{M}}(a_i, b_j) \wedge \mu_{\tilde{N}}(b_j, c_p))$$

Por lo que la matriz  $\tilde{P}$  define las relaciones de causalidad entre los elementos del primer conjunto  $A$  y los elementos del tercer conjunto  $C$ , esto con la intensidad o grado que conlleva considerar los elementos pertenecientes al conjunto  $B$ .

### 10.2.1 Relación de causalidades directas e indirectas

De acuerdo con Gil-Lafuente y Barcellos-de-Paula (2010), las relaciones de incidencia cuando se han considerado tres conjuntos de elementos proporcionan una metodología adecuada para conocer las relaciones causa-efecto que podrían quedar ocultas entre diferentes elementos. Para ello se inicia con la existencia de una relación de incidencia directa. Es decir una matriz causa-efecto incierta definida por dos conjuntos de elementos  $A = \{a_i | i = 1, 2, \dots, n\}$  que actúan como causas, y  $B = \{b_j | j = 1, 2, \dots, m\}$  que actúan como efectos. La relación de causalidad es definida por la matriz  $\tilde{M}$ , la cual es de dimensión  $(m \times n)$ , entonces:

$$[\tilde{M}] = \mu_{a_i b_j} \in [0, 1]; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

donde  $\mu_{a_i b_j}$  representa los valores de la función característica de pertenencia de cada uno de los elementos de la matriz  $\tilde{M}$ . La matriz

$\tilde{M}$  está compuesta por todos los efectos que los elementos del conjunto  $A$  ejercen sobre los elementos de  $B$ . Entre más alta sea la relación de incidencia, más cercana estará a 1. Y viceversa en cuanto más débil se considere una relación de causalidad entre dos elementos, más próxima estará a 0. Es importante considerar que la matriz  $\tilde{M}$  es elaborada a partir de las relaciones causa-efecto directas, las relaciones que son consideradas de primera generación. De acuerdo con Barcellos de Paula L (2010). "A partir de ello uno de los propósitos de esta TEO es obtener una nueva matriz de incidencias, que refleje no solo las relaciones de causalidades directas, sino aquellas que, a pesar de no ser evidentes, existen y a veces son fundamentales para la apreciación eficiente de los fenómenos bajo estudio. Para alcanzar el objetivo planteado se requiere el establecimiento de dispositivos que hagan posible el hecho que diferentes causas puedan tener efectos sobre sí mismas y, al mismo tiempo, que tengan en cuenta que determinados efectos también puedan dar lugar a incidencias sobre ellos mismos. Para ello se requiere construir dos relaciones de incidencias adicionales, las cuales recogerán los posibles efectos que se deriven de relacionar causas entre sí, por un lado, y efectos entre sí, por el otro". Las dos matrices auxiliares son matrices cuadradas expresadas como:

$$[\tilde{A}] = \mu_{aia_j} \in [0,1], \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$[\tilde{B}] = \mu_{bib_j} \in [0,1], \quad i, j = 1, 2, \dots, m$$

En la matriz  $[\tilde{A}]$  se representan las relaciones de incidencia que se pueden producir entre cada uno de los elementos y que actúan como causas. En la matriz  $[\tilde{B}]$  se representan las relaciones de incidencia que pueden producir entre cada uno de los elementos que actúan como efectos. Se tiene que tanto  $[\tilde{A}]$  Como  $[\tilde{B}]$  coinciden en el hecho de que ambas son matrices reflexivas, es decir:

$$\mu_{aia_j} = 1; \forall i = 1, 2, \dots, n$$

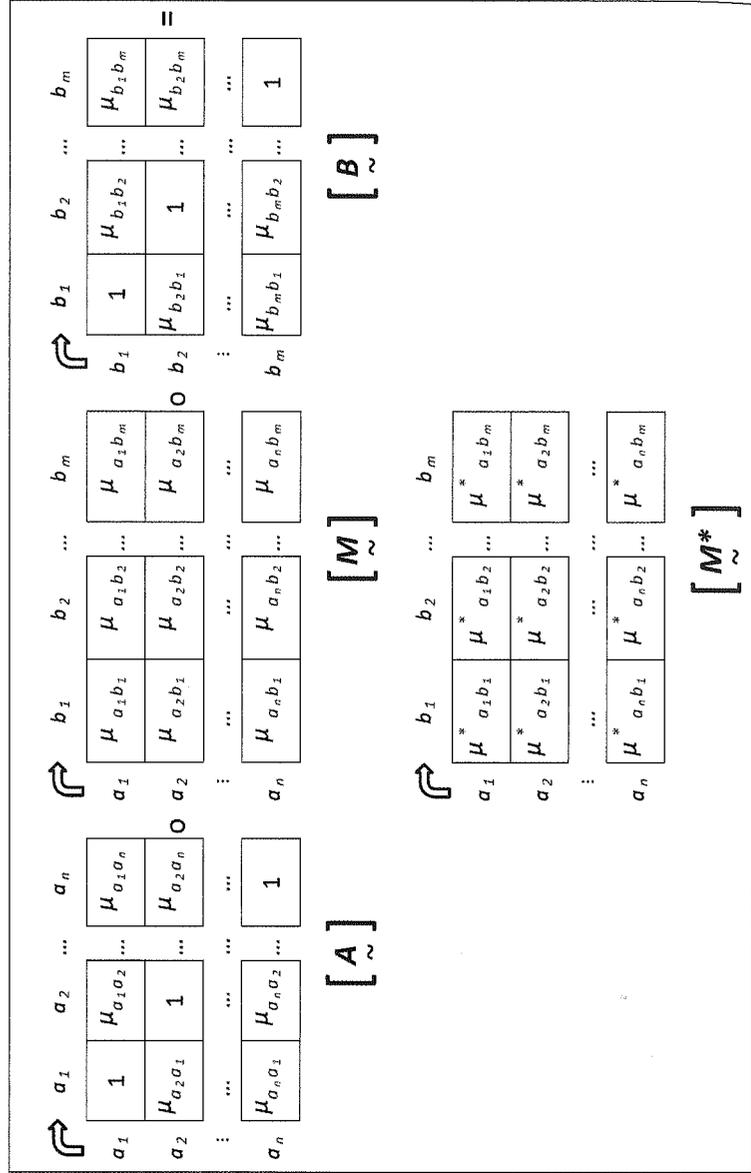
$$\mu_{bib_j} = 1; \forall j = 1, 2, \dots, m.$$

Es decir, un elemento, sea causa o efecto, incide con máxima presunción sobre sí mismo. Es importante mencionar que  $[\tilde{A}]$  y  $[\tilde{B}]$  no coinciden ni son matrices simétricas ya que existe algún par de subíndices  $(i, j)$  tal que:

$$\mu_{aia_j} \neq \mu_{aja_i}, \dots, \mu_{bib_j} \neq \mu_{bji_b}$$

Por ello, una vez que se han construido las matrices  $\tilde{M}$ ,  $[\tilde{A}]$  y  $[\tilde{B}]$ , se procede al establecimiento de incidencias directas e indirectas, es decir, incidencias en las que, a la vez, interviene alguna causa o efecto interpuesto. A partir de ello se requiere la construcción de la composición Max-Min de las matrices de referencia  $\tilde{M}$ ,  $[\tilde{A}]$  y  $[\tilde{B}]$  expresada como  $[\tilde{A}] \circ [\tilde{M}] \circ [\tilde{B}] = [\tilde{M}^*]$ . El orden establecido en la composición debe permitir que coincidan siempre el número de elementos de la fila de la primera matriz con el número de elementos de la columna de la segunda matriz. El resultado será una nueva matriz  $[\tilde{M}^*]$  que se integra por las incidencias entre causas y efectos de segunda generación, es decir, las relaciones causales iniciales afectadas por la posible incidencia interpuesta de alguna causa o algún efecto, lo cual es expresado en la Figura 4.

Figura 4. Representación de la composición  $[M^*]$  de segundo orden

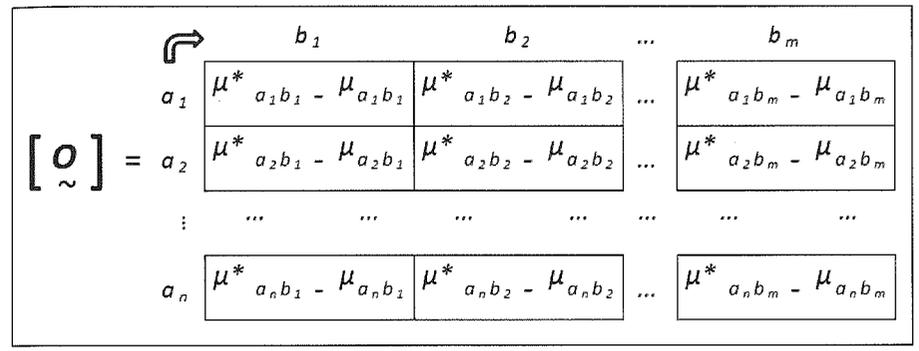


Fuente: elaboración a partir de Gil Lafuente et al. (2010).

La diferencia existente entre la matriz de los efectos de segunda generación  $[M^*]$  y la matriz de incidencias directas  $M$ , permite conocer el grado en que algunas relaciones de causalidad han sido olvidadas u obviadas (efectos olvidados), esto puede establecerse como  $[O] = [M^*] - [M]$ , lo cual se representada matricialmente en la

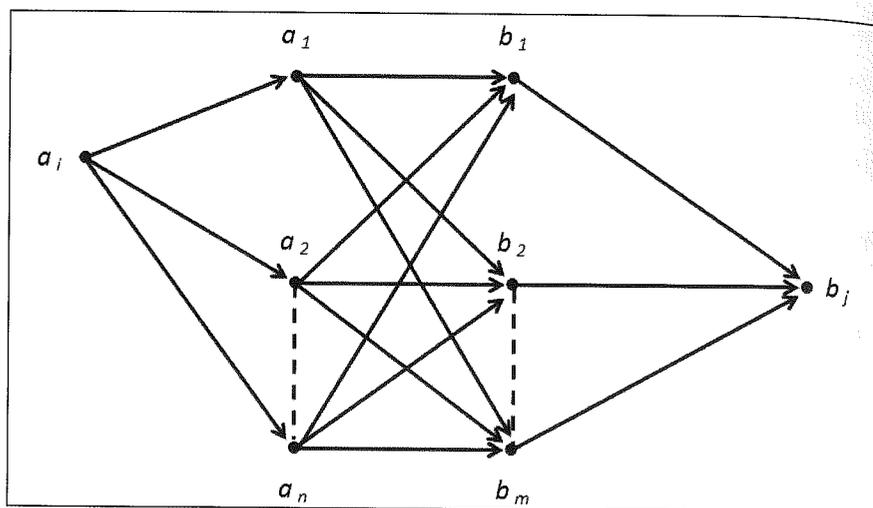
Figura 5.

Figura 5. Representación de la matriz  $[O]$  de efectos olvidados



Fuente: elaboración a partir de Gil Lafuente et al. (2010).

También es posible conocer, a partir del grado de olvido de alguna incidencia, el elemento *causa-efecto* que hace de enlace. Para ello se siguen las etapas realizadas a partir de la composición Max-Min de las matrices señaladas anteriormente. La representación gráfica se muestra en la Figura 6.

**Figura 6. Etapas realizadas a partir de la composición Max-Min**

Fuente: elaboración a partir de Gil Lafuente et al. (2010).

En el análisis, se tiene, que en cuanto más elevado es el valor correspondiente entre un elemento  $a_i$  y un elemento  $b_j$  de la función característica de pertenencia de la matriz  $[O]$ , más elevado es el grado

de olvido entre  $a_i$  y  $b_j$  producido en la relación de incidencia inicial. Por lo que las implicaciones derivadas de unas incidencias no consideradas ni tenidas en cuenta en su verdadera dimensión, pueden dar origen a actuaciones erróneas o, como mínimo, mal estimadas.

### 10.3 APLICACIÓN A LAS MIPYMES MICHOACANAS

De acuerdo con Nordstrom y Ridderstrale (2002), toda empresa que se rehúse a la globalización no tiene posibilidades de sobrevivencia a largo plazo en ninguna economía moderna debido, principalmente, a que las economías se encuentran expuestas a un intenso proceso de globalización y a un rápido desarrollo de las tecnologías de la información.

En función de la información proporcionada por PROMEXICO (2014), entre las características más importantes que tipifican a las

MIPYMES<sup>2</sup>, en México, se destaca que estas constituyen un importante motor de desarrollo del país, poseen una gran flexibilidad, permitiéndoles ampliar o disminuir el tamaño de la planta, así como cambiar los procesos técnicos necesarios. Por su dinamismo tienen posibilidad de crecer y de llegar a convertirse en una empresa grande, las cuales absorben una porción importante de la población económicamente activa debido a su gran capacidad de generar empleos. Asimismo, asimilan, y adaptan nuevas tecnologías con relativa facilidad, contribuyen al desarrollo local, regional y nacional de forma eficiente y eficaz.

El caso de análisis presenta relevancia ya que las MIPYMES del sector industrial del Estado de Michoacán son las más numerosas. Actualmente se reporta un 97 % de MIPYMES y solamente un 3 % de empresas grandes. Para el estudio se seleccionó un conjunto de elementos del entorno y un conjunto de elementos del ámbito de la empresa, susceptibles de afectar la sustentabilidad y el buen desempeño económico de la misma, así como su posicionamiento en el mercado. Primero se elaboró un listado de elementos seleccionados para realizar el estudio. Posteriormente a esta etapa se seleccionó, en 2017, un panel de 10 expertos relacionados con el área de estudio para que evaluaran el listado de elementos seleccionados de acuerdo con Kaufmann y Gil-Aluja (1993). La evaluación fue realizada tomando en consideración que  $0 \leq a_i \leq 1$ ,  $0 \leq b_j \leq 1$ , con  $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, n$ .

En el estudio se justifican las dimensiones ambiental, social y económica que intervienen en el desempeño de las empresas. A partir de la validación del grupo de expertos se considera que el conjunto de elementos de  $A$ , los cuales se consideran externos al control empresarial y que actúan como causas que pueden incidir en el desarrollo de la empresa y su posicionamiento en el mercado. Los elementos seleccionados para el análisis se presentan en el Cuadro 1.

<sup>2</sup> Para la Secretaría de Economía (2015), las MIPYMES están caracterizadas por la microempresa es aquella que tiene hasta 10 trabajadores, como máximo, por pequeñas empresas aquellas que tienen desde 11 hasta 50 trabajadores, Así mismo se considera mediana empresa a aquellas empresas comerciales y de servicios que tienen desde 31 hasta 100 trabajadores.

**Cuadro 1. Definición de los elementos de la matriz A**

$a_1$ : Precios de las materias primas	$a_{10}$ : Estabilidad política
$a_2$ : Precio de la energía	$a_{11}$ : Nivel de industrialización
$a_3$ : Legislación	$a_{12}$ : Nivel de corrupción
$a_4$ : Conflictos armados	$a_{13}$ : Clima del estado
$a_5$ : Recesión económica	$a_{14}$ : Recursos Naturales
$a_6$ : Volatilidad de divisas	$a_{15}$ : Nivel de crecimiento económico
$a_7$ : Relaciones comerciales internacionales	$a_{16}$ : Nivel educativo
$a_8$ : Convenios comerciales con otros países	$a_{17}$ : Relación inmigración-emigración
$a_9$ : Nivel adquisitivo de la población	$a_{18}$ : Innovación empresarial

Fuente: elaboración de los autores

A partir de la validación del grupo de expertos se considera el conjunto de elementos  $B$ , el cual representa las tres dimensiones *ambiental, social y económica* y que actúan como efectos se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Definición de los elementos de la matriz B**

$b_1$ : Política ambiental y de desarrollo de la empresa	$b_8$ : Ética profesional
$b_2$ : Uso, Eficiencia energética y utilización de energías renovables	$b_9$ : Desarrollo profesional, atracción y retención de talentos
$b_3$ : Plan de minimización y control de desperdicios	$b_{10}$ : Certificación del sistema de prevención de riesgos laborales
$b_4$ : Atención de emergencias en la empresa	$b_{11}$ : Gobierno corporativo
$b_5$ : Certificaciones ISO	$b_{12}$ : Transparencia e información en las políticas de gestión
$b_6$ : Responsabilidad social corporativa	$b_{13}$ : Política de control y gestión de riesgos
$b_7$ : Defensa de los derechos humanos	

Fuente: elaboración de los autores

Para la evaluación de los elementos considerados como causa-efecto ( $a \rightarrow b$ ) en la empresa, los expertos han considerado la correspondencia semántica expresada en la escala endecadaria Gil-Aluja (1966, 1999,

2000, 2004, 2005) y Kaufmann y Gil-Aluja (1988), así como la formalización matemática de los efectos olvidados, mostrada a continuación en el Cuadro 3 de acuerdo con Gil-Aluja (1989).

**Cuadro 3. Niveles y etiquetas semánticas**

Nivel	Etiqueta semántica
0	Sin incidencia
0.1	Prácticamente sin incidencia
0.2	Casi sin incidencia
0.3	Muy débil incidencia
0.4	Débil incidencia
0.5	Mediana incidencia
0.6	Incidencia sensible
0.7	Bastante incidencia
0.8	Fuerte incidencia
0.9	Muy fuerte incidencia
1	Mayor incidencia

Fuente: elaboración a partir de Gil-Aluja (1989).

En la matriz de incidencia  $M$  se muestran las relaciones de causa-efecto en diferentes grados que se obtienen entre los elementos del conjunto  $A$  (causas) y los elementos del conjunto  $B$  (efectos). Por conveniencia se denotan  $a_i \equiv E_i$  y  $b_i \equiv C_i$ .

**Cuadro 4. Matriz de incidencias estimadas entre causas y efectos  $M$**

	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>
C <sub>1</sub>	0,40	0,30	0,80	0,10	0,7	0	0,10	0,50	0,10	0,10	0,10	0,70	0,2
C <sub>2</sub>	0,80	0,80	0,70	0,20	0,70	0,50	0,10	0,60	0,10	0,7	1	0,40	0,2
C <sub>3</sub>	1	1	0,50	0,20	0,7	1	0,80	0,20	0,20	0,3	1	0,70	0,2
C <sub>4</sub>	0,30	0,20	0,30	0,20	0,70	0,40	0,30	0,10	0,10	0,70	0,80	0,20	0,3
C <sub>5</sub>	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,10	0,10	0,10	0,40	0,20	0,1
C <sub>6</sub>	0,60	0,80	0,90	0,7	1	0,70	0,60	0,80	0,70	0,80	0,20	0,80	0,8
C <sub>7</sub>	0,80	0,8	1	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,8
C <sub>8</sub>	0,50	0,70	0,80	0,60	0,80	0,50	0,20	0,60	0,20	0,20	0,30	0,40	0,1
C <sub>9</sub>	0,60	0,90	0,80	0,50	0,90	0,30	0,20	0,10	0,10	0,60	0,10	0,10	0,1
C <sub>10</sub>	0,10	0,10	0,20	0,10	0,80	0,70	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,60	0,1
C <sub>11</sub>	0,80	0,80	0,80	0,20	0,80	0,20	0,20	0,60	0,10	0,10	0,10	0,5	0,5
C <sub>12</sub>	0,60	0,40	0,60	0,10	0,10	0,70	0,60	0,60	0,10	0,10	0,70	0,80	0,6
C <sub>13</sub>	0,70	0,50	0,80	0,20	0,10	0,70	0,30	0,10	0,40	0,10	0,60	0,40	0,3
C <sub>14</sub>	0,20	0,10	0,60	0,10	0,50	0,50	0,60	0,10	0,30	0,10	0,50	0,40	0,1
C <sub>15</sub>	0,60	0,70	0,30	0,10	0,70	0,30	0,40	0,60	0,10	0,50	0,70	0,60	0,2
C <sub>16</sub>	0,70	0,80	0,70	0,60	0,70	0,90	0,70	0,90	0,90	0,60	0,80	0,70	0,6
C <sub>17</sub>	0,80	0,90	0,80	0,60	0,80	0,20	0,10	0,10	0,30	0,10	0,40	0,10	0,3
C <sub>18</sub>	0,50	0,90	0,80	0,50	0,10	0,70	0,20	0,50	0,80	0,60	0,30	0,20	0,2

Fuente: elaboración de los autores

La matriz inicial  $M$  está elaborada a partir de la opinión expresada por el panel de 10 expertos, y representa las relaciones de causa-efecto directas; es decir, de primera generación. El objetivo ahora es obtener una matriz de incidencias que refleje no solo las relaciones de causalidades directas, sino también aquellas que a pesar de no ser evidentes existen y a veces son fundamentales. Para ello es necesario establecer un modelo que haga posible el hecho de que diferentes causas pueden tener efectos sobre sí mismas y, al mismo tiempo, tener en cuenta

que determinados efectos también puedan dar lugar a incidencias sobre ellos mismos. Por esta razón es necesario construir dos relaciones de incidencias adicionales las cuales recogerán los posibles efectos que se deriven de relacionar causas entre sí, por un lado, y efectos entre sí, por el otro. Para ello se solicita nuevamente la opinión del grupo de expertos sobre MIPYMES que valoren las incidencias existentes entre las causas, estableciendo la matriz cuadrada  $[A]$  del Cuadro 5.

**Cuadro 5. Matriz  $[A]$**

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	C <sub>18</sub>
C <sub>1</sub>	1	0,10	0,50	0,70	0,10	0,80	0,9	1	0,60	0,10	0,10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,20	0,6
C <sub>2</sub>	0,1	1	0,60	0,20	0,10	0,90	0,30	0,80	0,30	0,10	0,10	0,20	0,60	0,20	0,60	0,60	0,30	0,7
C <sub>3</sub>	0,20	0,7	1	0,20	0,60	0,60	0,30	0,40	0,20	0,20	0,20	0,10	0,60	0,40	0,70	0,70	0,40	0,4
C <sub>4</sub>	0,10	0,10	0,3	1	0,10	0,10	0,30	0,60	0,10	0,10	0,70	0,10	0,20	0,10	0,20	0,60	0,20	0,3
C <sub>5</sub>	0,10	0,60	0,10	0,1	1	0,60	0,10	0,90	0,50	0,10	0,10	0,10	0,50	0,50	0,60	0,70	0,30	0,5
C <sub>6</sub>	0,70	0,70	0,20	0,60	0,7	1	1	1	0,80	0,8	1	0,60	0,20	0,20	0,70	0,70	0,8	1
C <sub>7</sub>	0,80	0,60	0,20	0,20	0,3	1	1	1	0,80	0,80	0,70	0,20	0,20	0,20	0,30	0,20	0,80	0,8
C <sub>8</sub>	0,90	0,80	0,20	0,60	0,10	0,80	0,9	1	0,80	0,30	0,60	0,20	0,60	0,30	0,50	0,60	0,20	0,7
C <sub>9</sub>	0,20	0,30	0,20	0,40	0,1	1	1	1	1	0,70	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,70	0,8
C <sub>10</sub>	0,10	0,10	0,70	0,70	0,10	0,80	0,80	0,60	0,5	1	0,70	0,20	0,10	0,10	0,10	0,90	0,8	0,8
C <sub>11</sub>	0,50	0,10	0,10	0,90	0,10	0,80	0,80	0,90	0,80	0,7	1	0,10	0,10	0,10	0,30	0,70	0,60	0,7
C <sub>12</sub>	0,50	0,70	0,60	0,70	0,20	0,80	0,80	0,80	0,80	0,9	1	0,10	0,80	0,80	0,80	0,70	0,8	0,8
C <sub>13</sub>	0,70	0,20	0,70	0,30	0,20	0,50	0,50	0,70	0,80	0,80	0,20	0,2	1	0,20	0,70	0,80	0,90	0,2
C <sub>14</sub>	0,90	0,70	0,70	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,60	0,80	0,7	1	0,70	0,50	0,30	0,2
C <sub>15</sub>	0,20	0,10	0,70	0,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,50	0,20	0,20	0,30	0,70	0,2	1	0,80	0,70	0,6
C <sub>16</sub>	0,50	0,70	0,80	0,60	0,30	0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,50	0,80	0,7	1	1	0,70	0,1
C <sub>17</sub>	0,10	0,20	0,70	0,50	0,80	0,80	0,90	0,50	0,80	0,90	0,50	0,80	0,80	0,60	0,80	0,8	1	0,9
C <sub>18</sub>	0,50	0,70	0,80	0,60	0,50	0,80	0,90	0,9	1	0,80	0,50	0,80	0,90	0,80	0,50	0,60	0,9	1

Fuente: elaboración de los autores

La matriz  $[B]$  es obtenida con la ayuda del panel de expertos, en ella se expresan las incidencias que existen entre los efectos y se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Matriz  $[B]$**

	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>
E <sub>1</sub>	1	0,7	0,6	0,5	0,1	0,8	0,5	0,5	0,3	0,6	0,7	0,4	0,3
E <sub>2</sub>	0,7	1	0,2	0,1	0,7	0,7	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1
E <sub>3</sub>	0,1	0,7	1	0,2	0,7	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4	0,2	0,3	0,1
E <sub>4</sub>	0,4	0,5	0,3	1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
E <sub>5</sub>	0,7	0,6	0,8	0,6	1	0,7	0,4	0,3	0,8	0,9	0,7	0,5	0,4
E <sub>6</sub>	0,2	0,3	0,6	0,3	0,5	1	0,2	0,1	0,1	0,1	1	0,6	0,2
E <sub>7</sub>	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	0,3	1	0,1	0,1	0,5	0,4	0,1	0,8
E <sub>8</sub>	0,5	0,1	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	1	0,5	0,5	0,2	0,8	0,7
E <sub>9</sub>	0,2	0,7	0,7	0,2	0,5	0,1	0,6	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	
E <sub>10</sub>	0,2	0,1	0,1	0,5	0,4	0,6	0,2	0,1	0,1	1	0,5	0,2	0,8
E <sub>11</sub>	0,8	0,8	0,7	0,2	0,8	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	1	0,4	0,2
E <sub>12</sub>	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,2
E <sub>13</sub>	0,5	0,5	0,6	0,8	0,2	0,7	0,1	0,1	0,1	1	0,2	0,5	1

Fuente: elaboración de los autores

Una vez construidas las matrices  $\tilde{M}$ ,  $[A]$  y  $[B]$ , se establecen las incidencias directas e indirectas. Es decir, incidencias en las que, a la vez intervienen alguna causa o efecto interpuesto. Para ello se procede a

la composición Max-Min de las tres matrices, de tal forma que  $[\tilde{A}] \circ [\tilde{M}] \circ [\tilde{B}] = [\tilde{M}^*]$ . El Cuadro 7 muestra la matriz de convolución.

**Cuadro 7. Convolución Max-Min entre las matrices  $[A] \circ [M]$**

	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>
C <sub>1</sub>	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>2</sub>	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	1	0,8	0,8
C <sub>3</sub>	1	1	0,7	0,6	0,7	1	0,8	0,7	0,7	0,7	1	0,7	0,6
C <sub>4</sub>	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6
C <sub>5</sub>	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6
C <sub>6</sub>	0,8	0,9	1	0,7	1	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>7</sub>	0,8	0,8	1	0,7	1	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>8</sub>	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>9</sub>	0,8	0,9	1	0,7	1	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>10</sub>	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>11</sub>	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>12</sub>	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>13</sub>	0,8	0,9	0,8	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,8	0,7	0,6	
C <sub>14</sub>	0,7	0,7	0,8	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6
C <sub>15</sub>	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,6	0,8	0,7	0,6
C <sub>16</sub>	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,7	0,6
C <sub>17</sub>	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
C <sub>18</sub>	0,8	0,9	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Fuente: elaboración de los autores

El resultado obtenido será una nueva matriz  $[M^*]$ , matriz de efectos acumulados, que recoge las incidencias entre causas y efectos de segunda generación, es decir, las relaciones causales iniciales afectadas por la posible incidencia interpuesta de alguna causa o algún efecto. El Cuadro 8 muestra la convolución max-min efectos acumulados  $[\tilde{A}] \circ [\tilde{M}] \circ [\tilde{B}] = [\tilde{M}^*]$ .

**Cuadro 8. Convolución max-min entre las matrices (Efectos Acumulados)**

	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>
C <sub>1</sub>	0,80	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
C <sub>2</sub>	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,9	1	0,80	0,8
C <sub>3</sub>	1	1	0,70	0,70	0,8	1	0,80	0,70	0,70	7	1	0,70	0,8
C <sub>4</sub>	0,80	0,80	0,70	0,60	0,80	0,70	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,60	0,7
C <sub>5</sub>	0,70	0,70	0,80	0,70	0,80	0,70	0,70	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,7
C <sub>6</sub>	0,80	0,9	1	0,8	1	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,8
C <sub>7</sub>	0,80	0,8	1	0,8	1	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,8
C <sub>8</sub>	0,80	0,80	0,90	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,8
C <sub>9</sub>	0,80	0,9	1	0,8	1	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,8
C <sub>10</sub>	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,8
C <sub>11</sub>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,8
C <sub>12</sub>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,8
C <sub>13</sub>	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,7
C <sub>14</sub>	0,70	0,70	0,80	0,60	0,70	0,70	0,60	0,70	0,70	0,70	0,80	0,70	0,80
C <sub>15</sub>	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80	0,7
C <sub>16</sub>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	0,90	0,70	0,90	0,80	0,8
C <sub>17</sub>	0,80	0,90	0,90	0,80	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,8
C <sub>18</sub>	0,80	0,90	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90	0,80	0,8

Fuente: elaboración de los autores

Por último, la diferencia entre la matriz de efectos acumulados y la matriz de incidencias directas permitirá conocer el grado en que algunas relaciones de causalidad han sido olvidadas. La matriz de efectos olvidados  $[O] = [M^*] - [M]$  se presenta en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Matriz de efectos olvidados**

	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>
C <sub>1</sub>	0,40	0,50	1,0	0,70	1,0	<b>0,90</b>	0,70	0,40	0,70	0,70	0,70	1,0	0,6
C <sub>2</sub>	0	0	0,20	0,60	0,2	0,30	0,70	0,20	0,70	0,2	0	0,40	0,6
C <sub>3</sub>	0	0	0,20	0,50	0,1	0	0	0,50	0,50	0,4	0	0	0,6
C <sub>4</sub>	0,50	0,60	0,40	0,40	0,1	0,30	0,30	0,50	0,6	0	0	0,40	0,4
C <sub>5</sub>	0,50	0,60	0,70	0,60	0,7	0,50	0,40	0,60	0,70	0,70	0,30	0,50	0,6
C <sub>6</sub>	0,20	0,10	0,10	0,1	0	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,6	0	0
C <sub>7</sub>	0	0	0	0,10	0,20	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0
C <sub>8</sub>	0,30	0,10	0,10	0,2	0	0,40	0,60	0,30	0,60	0,60	0,50	0,40	0,7
C <sub>9</sub>	0,2	0	0,20	0,30	0,1	0,60	0,60	<b>0,80</b>	0,70	0,30	0,70	0,70	0,7
C <sub>10</sub>	0,70	<b>0,80</b>	0,60	0,7	0	0,10	0,70	0,70	0,70	0,40	0,20	0,7	0,7
C <sub>11</sub>	0	0	0	0,6	0	0,60	0,60	0,20	0,70	0,70	0,70	0,70	0,3
C <sub>12</sub>	0,20	0,40	0,20	0,70	0,70	0,10	0,20	0,20	0,70	0,70	0,1	0	0,2
C <sub>13</sub>	0,10	0,4	0	0,60	0,70	0,10	0,50	0,70	0,40	0,70	0,20	0,40	0,4
C <sub>14</sub>	0,50	0,60	0,20	0,50	0,2	0,20	0,10	0,50	0,40	0,60	0,20	0,40	0,6
C <sub>15</sub>	0,20	0,10	0,40	0,70	0,1	0,50	0,40	0,20	0,70	0,20	0,10	0,20	0,5
C <sub>16</sub>	0,1	0	0,10	0,20	0,1	0	0,1	0	0	0,10	0,10	0,10	0,2
C <sub>17</sub>	0	0	0,10	0,2	0	0,70	<b>0,80</b>	0,50	0,70	0,40	0,70	0,5	0,5
C <sub>18</sub>	0,3	0	0,10	0,30	<b>0,80</b>	0,20	0,60	0,4	0	0,30	0,50	0,60	0,6

Fuente: elaboración de los autores

En negritas se resaltan aquellos grados significativos que revelan algún efecto olvidado que son  $(a_1 \rightarrow b_6)$ ;  $(a_9 \rightarrow b_8)$ ;  $(a_{10} \rightarrow b_2)$ ;  $(a_{17} \rightarrow b_8)$ ;  $(a_{18} \rightarrow b_5)$ .

### 10.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados presentados en el Cuadro 10 indican que las relaciones de causa a efecto que inicialmente fueron valoradas en cero son los que no tienen incidencia en la matriz de incidencias directas, al final en la matriz de efectos olvidados, se observa que existe una relación de incidencia muy fuerte de 0.9 y 0.8, con lo cual se había olvidado considerar una incidencia importante. Las relaciones causa-efecto asociadas con los efectos olvidados encontradas en el trabajo se presentan en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Relaciones causa-efecto**

Causas	Efectos
Precios de materias primas.	Responsabilidad social corporativa.
Nivel adquisitivo de la población.	Ética profesional.
Estabilidad política.	Uso, eficiencia energética y utilización de energías renovables.
Relación inmigración-emigración.	Ética profesional.
Innovación empresarial	Certificaciones ISO

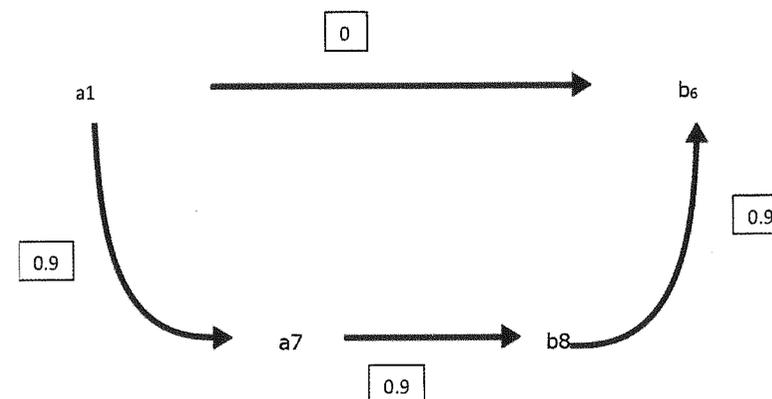
Con la finalidad de mostrar los resultados de los elementos que presentan una mayor contribución a los efectos indirectos, se analizan las relaciones de causa-efecto en la matriz de los efectos olvidados. Para el análisis se tomaron los valores de 0.8 y 0.9 por ser los más próximos a la unidad dando los siguientes resultados:

#### 10.4.1 Precio de materias primas y responsabilidad social corporativa, incidencia ( $a_1 \rightarrow b_6$ )

La relación de incidencia ( $a_1 \rightarrow b_6$ ) muestra que, inicialmente el panel de expertos asignaron una estimación de cero en la incidencia de precios de materias primas en responsabilidad social corporativa, pero en realidad esta relación aumenta hasta 0.9 dado que existen los elementos interpuestos ( $a_7 \rightarrow b_8$ ) que representan las relaciones comerciales y la ética profesional, las que potencian y acumulan efectos en relación de causalidad. Esto muestra que la no existencia de acuerdos comerciales con proveedores de materias primas e insumos y la no existencia de un padrón de proveedores nacionales y externos pueden afectar las relaciones comerciales, así como el no cumplimiento de que los

productos lleguen en tiempo, calidad, y precio al mercado y, como consecuencia de esto, la ética profesional e imagen de la empresa puede ser afectada. Por lo que con menos recursos y atendiendo los elementos citados la empresa podría mejorar en su responsabilidad social y su posicionamiento en el mercado. La representación gráfica de esta incidencia se muestra en la Figura 7.

**Figura 7. Incidencia ( $a_1 \rightarrow b_6$ )**

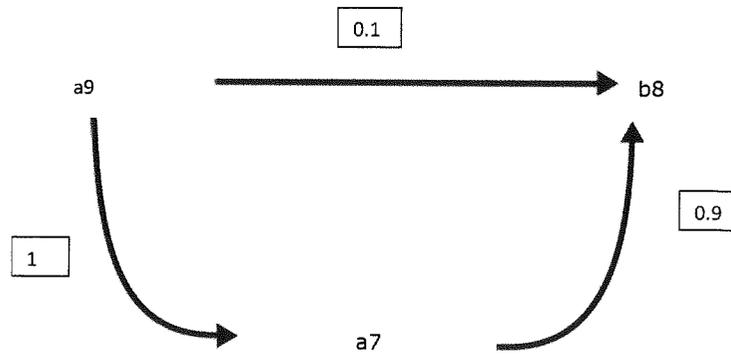


Fuente: elaboración de los autores

#### 10.4.2 Nivel adquisitivo de la población y ética profesional, incidencia ( $a_9 \rightarrow b_8$ )

A continuación se discute en detalle la incidencia ( $a_9 \rightarrow b_8$ ) Esta relación de incidencia muestra que, inicialmente el panel de expertos asignó una estimación de 0.1 en la incidencia de nivel adquisitivo de la población y ética profesional, pero en realidad esta relación aumenta significativamente hasta 0.9. Así, el nivel adquisitivo de la población se ve afectado por las relaciones comerciales internacionales, lo cual trae como consecuencia una contracción del mercado para las MIPYMES en un mercado abierto, por ello se deberá fortalecer la ética profesional en las empresas para que pueda apoyarse de forma eficiente su desarrollo y, como consecuencia, hacer que el poder adquisitivo de la población crezca. La representación gráfica de esta incidencia se encuentra en la Figura 8.

**Figura 8. Incidencia ( $a_9 \rightarrow b_8$ )**

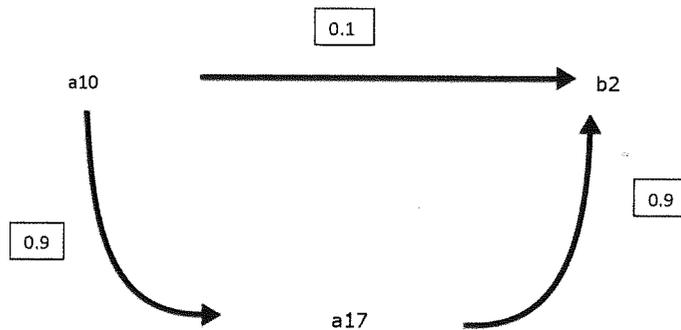


Fuente: elaboración de los autores

**10.4.3 Estabilidad política y uso, eficiencia energética y utilización de energías renovables ( $a_{10} \rightarrow b_2$ )**

La relación de incidencia ( $a_{10} \rightarrow b_2$ ) muestra que, inicialmente se establecía una estimación de 0.1, pero en realidad esta relación aumenta hasta 0.9 dado que hay un elemento interpuesto ( $a_{17} \rightarrow$ relación inmigración-emigración) que potencia y acumula efectos en la relación de causalidad. La incidencia se muestra gráficamente en la Figura 9.

**Figura 9. Incidencia ( $a_{10} \rightarrow b_2$ )**

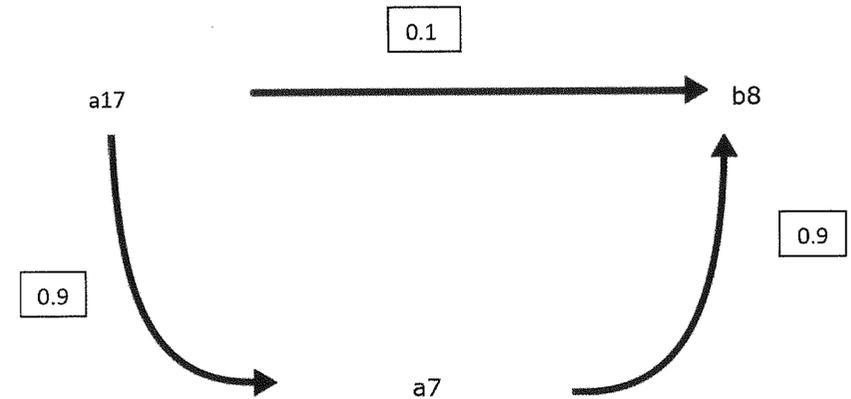


Fuente: elaboración de los autores

**10.4.4 Relación inmigración- emigración y ética profesional ( $a_{17} \rightarrow b_8$ )**

Con respecto a la relación de incidencia ( $a_{17} \rightarrow b_8$ ), se establecía inicialmente una estimación de 0.1 en la incidencia, pero en realidad esta relación aumenta hasta 0.9 dado que hay un elemento interpuesto ( $a_7 \rightarrow$ relaciones comerciales internacionales) que potencia y acumula efectos en la relación de causalidad. Así, un incremento en las relaciones comerciales internacionales disminuye la inmigración-migración por el incremento en la actividad de producción-venta y potencia la ética profesional en las organizaciones. La representación gráfica de esta incidencia se encuentra en la Figura 10.

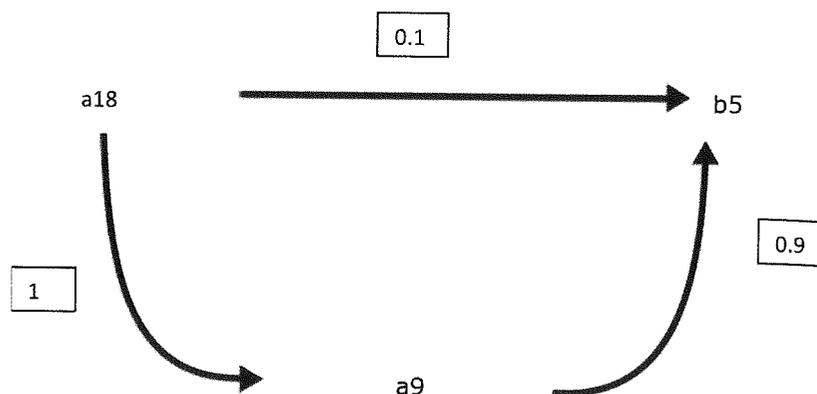
**Figura 10. Incidencia ( $a_{17} \rightarrow b_8$ )**



Fuente: elaboración de los autores

**10.4.5 Innovación empresarial y certificación ISO ( $a_8 \rightarrow b_5$ )**

La relación de incidencia ( $a_{18} \rightarrow b_5$ ) muestra que, inicialmente se establecía una estimación de 0.1, pero en realidad esta relación aumenta hasta 0.9 dado que hay un elemento interpuesto ( $a_9 \rightarrow$ nivel adquisitivo de la población) que potencia y acumula efectos en la relación de causalidad. Esto conduce a que la innovación potencie las certificaciones en las organizaciones haciéndolas más eficientes y de esta manera pueden ofrecer un mejor nivel salarial a los empleados, lo que favorece el nivel adquisitivo de la población económicamente activa. La representación de esta incidencia se encuentra en la Figura 11.

Figura 11. Incidencia ( $a_8 \rightarrow b_5$ )

Fuente: elaboración de los autores

## 10.5 CONCLUSIONES

La aplicación de la TEO proporciona elementos para un mejor estudio de la sustentabilidad y desarrollo de las empresas. Estos elementos no son fácilmente observables haciendo uso de otro tipo de metodologías. La TEO ha permitido identificar elementos importantes, ocultos u olvidados, que hay que considerar en el diseño del Plan Estratégico de Desarrollo del Estado de Michoacán en relación con la sustentabilidad, desarrollo empresarial y posicionamiento en el mercado de las MIPYMES, y de esta forma incorporar estrategias que permitan un uso más eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Flores J.J. (1989). *Como mejorar su habilidad para tomar decisiones*. DIEC. México.
- Acosta Flores J.J. (1989). *Teoría de decisiones en el sector público y en la empresa privada*. Representaciones y Servicios de Ingeniería. México.
- Álvarez-Biscarra G. (2014). *Lógica borrosa, efectos olvidados y exposición al riesgo cambiario*. Universidad de Oriente. México.
- Arroyo, E. and E. Cassú (2015). *Application of the Forgotten Effects Model to the Agency Theory*. Jaime Gil-Aluja, Antonio Terceño-Gómez, Joan Carles Ferrer- Comalat and José M. Merigó-Lindahl eds. Springer. Scientific Methods for the Treatment of Uncertainty in Social Sciences.
- B. H. Singer (1989), "Grade of membership representations: Concepts and problems". Festschrift for Samuel Karlin (T.W.Anderson, K. B. Athreya, and D. Iglehardt, EDS.), Orlando, Florida, Academic Press..
- Bassa C (2011). *Modelos para el análisis de atributos contemplados por los clientes en una estrategia de marketing relacional*. Tesis Doctoral de la Universidad de Barcelona. España.
- Barcellos de Paula L. (2010). *Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial*. Tesis Doctoral de la Universidad de Barcelona. España.
- Bellman, R. E., Zadeh L. A. (1970). *Decision making in a fuzzy environment*. Management Science. Vol. 17, No 4.
- Brown, P.A, Gibson D.F. (1972). *A quantified model for facility site selection, Application to a multiplant location problema*. AIIE Transactions.
- Carnap R. (1969). *Fundamentación Lógica de la Física*. Ed. Sudamericana. Pp.91
- Castro García F, González Santoyo F, Pacheco D.C. (2010). *Lógica difusa aplicada como una herramienta adicional a los medios convencionales de localización. Caso localización de un negocio de servicios*. XVI SIGEF Congress. Morelia. Méxco.
- Dilworth, J.B. (1993). *Production and operations Management*. Mc. Graw Hill. US.
- Flores Romero B. (2002). *Procesos Estratégicos para la Administración Empresarial de Alto Impacto*. DEPFCA-UMSNH. Tesis para obtener el grado de MBA. Morelia Michoacán México.
- Gallagher Ch. A., et al. (1982). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en la administración*. Mc. Graw Hill. México.
- Garret y Silver (1973). *Production Management Analysis*. Harcourt Brace Jovanovich International Edition.
- Gento, A., L. L. Lazzari y E. A. Machado (1999). *Reflexiones acerca de las matrices de incidencia y la recuperación de los efectos olvidados*. Cuadernos del Cimbage, 4. Universidad de Buenos Aires Argentina.
- Gil Aluja J. (1996). *La Gestión Interactiva de los Recursos Humanos en la Incertidumbre*. Centro de Estudios Ramón Arces S.A.-Madrid España.
- Gil Aluja J. (1997). *Nuevas técnicas para la gestión de empresas. Retos Empresariales para 1998*. Management & Empresa. Universitat de Barcelona. pp. 289-313-
- Gil Aluja J. (1999). *Elementos para una Teoría de la Decisión en la Incertidumbre*. Milladoiro.

- Gil Aluja J. (2002). *Introducción de la Teoría de la Incertidumbre en la Gestión de Empresas*. Real Academia de Doctores – Milladoiro. España.
- Gil Aluja J., González Santoyo F., Flores R B., Flores R. J. (2005). *Techniques and Methodologies for Modelling and Simulation of Systems*. AMSE,UMSNH. México.
- Gil Aluja, J. (1998). *The Interactive Management of Human Resources in Uncertainty*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht;
- Gil Aluja, J. “Lances y desventajas del nuevo paradigma de la teoría de la decisión”.
- Gil Lafuente Ana María (1990) *El análisis financiero en la incertidumbre*, Ariel, España.
- Gil lafuenta A., Gené A.J., Lorenzana de la Varga T. (1994). *Elementos prácticos para la gestión de empresas*. Ariel Economía. Barcelona, España.
- Gil Lafuente J. (2002). *Algoritmos para la Excelencia*. Milladoiro.Vigo-España.
- Gil lafuenta Jaime (1997). *Marketing el nuevo milenio (nuevas técnicas para la gestión comercial en la incertidumbre)*. Pirámide. Madrid, España.
- Gil Lafuente, A.M. (2005). *Fuzzy Logic in Financial Analysis*. Springer, Berlin;
- Gil-Aluja, J. (1996). *Towards a new paradigm of investment selection in uncertainty*. *Fuzzy Sets and Systems*, 84(3).
- Gil-Aluja, J. (1999). *Elementos para una teoría de la decisión en la incertidumbre*. Londres: Vigo Villadoiro. España.
- Gil-Aluja, J. (2000). *Génesis de una teoría de la incertidumbre*. Discurso pronunciado en ocasión del acto de imposición de la Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X El Sabio, Barcelona, 20 de enero. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, 27. España.
- Gil-Aluja, J. (2004). *Aproximación metodológica a la optimización en la incertidumbre*. Monográfico 2. España.
- Gil-Aluja, J. (2005). *La matemática borrosa en la economía y gestión de empresas*. SCTM-Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas, 12. España.
- Gil-Lafuente A. M. y L. Barcellos-de-Paula (2010). *Una aplicación de la metodología de los efectos olvidados: Los factores que contribuyen al crecimiento sostenible de la empresa*. Cuadernos del CIMBAGE No. 12. FCE-UB. Argentina.
- Gil-Lafuente A. M., F. González-Santoyo y B. Flores-Romero (2015). *Teoría de los efectos olvidados en la incidencia de la actividad económica en la calidad de vida de los habitantes y cuantificación de los efectos para un reequilibrio territorial*. INCEPTUM. Vol. X, No. 19. Julio-Diciembre, pp. 105-122. Morelia, México.
- Gil-Lafuente, A. M., y C. Luis Bassa (2011). *Identificación de los atributos contemplados por los clientes en una estrategia CRM utilizando el modelo de efectos olvidados*. Cuadernos del Cimbage, 13, 107-127.
- Gómez Ceja G. (1994). *Planeación y Organización de Empresas*. Mc Graw Hill. México
- González S.F. (1995). *Optimización en el Diseño de Carteras de Inversión y su aplicación en la Industria*. Reporte interno de Inv. Coordinación de la Investigación Científica - UMSNH. Morelia, México.
- González S.F., Alfaro C.G. (1996). *Las carteras de inversión en las decisiones financieras*. 1er Foro Nacional de Inv. En Disciplinas Advas. FCA-UNAM. México. D.F.
- González S.F., Flores R. B., Gil Lafuente A.M. (2010). *Modelos y teorías para evaluación de inversiones empresariales*. UMSNH. México.
- González Santoyo F, Alfaro Calderón G., Flores Romero B. (1997): *Modelos clásicos para la selección de Carteras de Inversión*. Ciencia Nicolaita No. 15. Agosto 1997. pp.102-118. Morelia México. UMSNH.
- González Santoyo F, Flores Romero B, Gil Lafuente A.M. (2013). *Estrategias para la optimización de la producción de la empresa*. Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores-U. Barcelona-UMSNHA. Morelia México.

- González Santoyo F, Flores Romero B., Gil Lafuente A.M. (2010). *Modelos y Teorías para la Evaluación de Inversiones Empresariales*. Fegosa-Ingeniería Administrativa S.A. de C.V., IAIDRES, UMSNH. México.
- González Santoyo F, Flores Romero B., Gil Lafuente A.M. (2011). *Procesos para la Toma de Decisiones en un entorno Globalizado*. Editorial Universitaria Ramón Areces. España.
- González Santoyo F. (1995). *Planeación de la producción usando técnicas de descomposición Jerárquica*. Tesis Doctoral (Doctor en Ingeniería-Investigación de Operaciones). Facultad de Ingeniería- División de Estudios de Posgrado UNAM, México.
- González Santoyo F. Flores J, Flores B. (2001). *La Incertidumbre en la Evaluación Financiera de las Empresas*. UMSNH- (FeGoSa-Ingeniería Administrativa). Morelia México.
- González Santoyo F.(1998) *Fuzzy sets versus enfoques tradicionales en la evaluación de inversiones*. Tesis de grado Maestro en Administración. DEPFCA - UMSNH, Morelia, Michoacán, México, 1998.
- González Santoyo F., Brunet Icart I, Chagolla Farias M., Flores Romero B. (2003). *Diseño de Empresas de Orden Mundial*. FeGoSa- Ingeniería Administrativas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México), Universitat Rovira i Virgili (España)..Morelia México.
- González Santoyo F., Flores Romero B, Villalobos G.R. (1999). *El método del rendimiento unitario sobre la inversión Fuzzy*. Ciencias Empresariales No. 4, FCA – UMSNH, Morelia México PP. 20-40. Enero – Junio.
- González Santoyo F., Flores Romero B. (1999). *Lógica difusa en la evaluación de inversiones financieras*. Ciencia Nicolaita No. 21 Agosto, pp. 19 – 36.
- González Santoyo F., Flores Romero B. (2000). *Técnicas de Evaluación de Inversiones ante información perfecta*. Ciencias Empresariales No. 6 (Enero - Junio) FCA – UMSNH. Pp. 4 – 23.
- González Santoyo F., Flores Romero B., Gil Lafuente A.M. (2011), *Procesos para la toma de decisiones en un entorno globalizado*. Editorial Universitaria Ramón Areces. España
- González Santoyo F., Flores Romero B., Gil Lafuente A.M.(2010), *Modelos y teorías para la evaluación de inversiones empresariales*. FeGoSa-Ingeniería Administrativa S.A. de C.V., UMSNH, IAIDRES. Morelia México.
- González Santoyo F., Flores Romero B., Márquez A.N. (1999). *Técnicas financieras fuzzy en la toma de decisiones*. VI Congress of the International Society for Fuzzy Management and Economy – SIGEF 99, Morelia México PP. 309-321.
- González Santoyo F., Flores Romero B.,(2002), *Teoría de Inventarios en la empresa (notas de seminario)*. Doctorado en Economía y Empresa. Universitat Rovira i Virgili. España.
- González Santoyo F., Flores Romero J, Flores Romero B. (2001). *La Incertidumbre en la Evaluación Financiera de las Empresas*. FeGoSa- Ingeniería Administrativas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México),Morelia México.
- González Santoyo F., Flores Romero J., Flores Romero B., Mendoza Ramírez J. (2000). *Multiple Fuzzy IRR in the Financial Decision Environment*. Submitted to World Scientific. 19/10/2000.
- González Santoyo, F. (1985). *Los proyectos en la industrialización forestal*. Editorial Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia México.
- González Santoyo, F., Flores Romero B., Gil Lafuente, A. M., Flores Juan (2013), *Uncertain optimal inventory as a strategy for enterprise global positioning*. AMSE. Chania- Grecia.
- Grafulla Valdivielso C., Bernabé F.M. (2002). *Modelo de Valoración de la Satisfacción de Personal en una Organización*. CIO.
- Guiffrida, Alfred L., Kent State University Kent, Ohaio (2010). *Fuzzy inventory models in: Inventory Management: Non-Classical Views*. Chapter 8. Jaber M.Y. (Ed.), CRC. Press, FL, Boca Raton, pp. 173-190.
- Harry F., Norman R.Z., Cartwright D. (1965). *Structural Models. An Introduction to the Theory of Directed Graphs*. J. Wiley and Sons. New York.

- [http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/informe\\_APF/memorias/28\\_md\\_cncmpime.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/transparencia/informe_APF/memorias/28_md_cncmpime.pdf)
- <http://www.fuzzyeconomics.com/fuzzylog/>
- <http://www.promexico.gob.mx/negocios-internacionales/pymes-eslabn-fundamental-para-el-crecimiento-en-mexico.html>
- Kaufmann A., and M. M. Gupta, (1991) "Fuzzy mathematical models in engineering and management sciences". North-Holland.
- Kaufmann A, Gil Aluja J, (1986). *Introducción de la teoría de subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Velograf S.A. España.
- Kaufmann A. y J. Gil-Aluja (1988). *Modelos para la investigación de los efectos olvidados*. Milladoiro. Vigo. España.
- Kaufmann A. y J. Gil-Aluja (1989). *Models per la recerca d'efectes oblidats*. Ed. Milladoiro. España.
- Kaufmann A. y J. Gil-Aluja (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Milladoiro. Santiago de Compostela. España.
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1986). *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Milladoiro. España
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1992). *Técnicas de Gestión de Empresas: Previsiones, decisiones y estrategias*. Pirámide-España.
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1993). *Nuevas Técnicas para la Dirección Estratégica*. Universidad de Barcelona (España).
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Milladoiro, España.
- Kaufmann A., Gil Aluja J. Terceño Gómez A. (1994). *Matemáticas para la Economía y la Gestión de Empresas, Vol.1: "Aritmética de la Incertidumbre"*. Foro Científico. Barcelona España.
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1987). *Técnicas operativas de gestión en el tratamiento de la incertidumbre*. Editorial Hispano Europea S.A., Barcelona, España.
- Kaufmann Arnold. Gil Aluja Jaime (1986) *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de empresas*, Ed. Milladoiro, España.
- Kaufmann, A. & Aluja, J. G. (1988), *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Editorial Milladoiro, Vigo
- Kaufmann, A. (1975), *Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets*. Academic Press, New York;
- Kaufmann, A. (1977). *Introduction à la théorie des sous-ensembles flous à l'usage des ingénieurs (fuzzy sets theory)*. Masson.
- Kaufmann, A. and Gil-Aluja, J. (1986), *Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets in Business Management* (In Spanish). Ed. Milladoiro, Santiago de Compostela;
- Keropyan, A. and Gil-Lafuente, A. (2011), *A Fuzzy-based Decision Model Application on Strategic Management*. *African Journal of Business Management*;
- Keropyan, A. and Gil-Lafuente, A. (2012), *Customer Loyalty Programs to Sustain Consumer Fidelity in Mobile Telecommunication Market*. *Expert Systems with Applications*;
- Keropyan, A. and Gil-Lafuente, A. (2013), *A Personal Selection Model Using Galois Group Theory*. *Kybernetes*;
- Klir and T. A. Folger, (1998) "Fuzzy sets, uncertainty and information". Prentice - Hall.
- Klir, G.J., Bo Yuan (1995). *Fuzzy sets and Fuzzy Logic (Theory and Applications)*. Upper Saddle River, Nueva Jersey. Prentice Hall Inc.
- Kolmogorof, Formin (1957). *Metric and Normed Spaces*. Graylock Press 5, NY.
- Konow, I. "Métodos y Técnicas de Investigación Prospectiva para la toma de decisiones".
- Lazzari L.L., Machado E, Pérez Rodolfo H. (1998). *Teoría de la decisión Fuzzy*. Ediciones Macchi. Argentina.
- Lazzari Luisa L. (2005). *Instrumentos Económicos y de Gestión Aplicados a Ambientes con Alta Incertidumbre*. Tutorial para Empresarios. U. Bahía Blanca Argentina.
- Linstone, A. y Turoff, M. "The Delphi Method: Technique and Applications". London
- Lorenzana de la Varga Tomás (1996) *La decisión de inversión en la incertidumbre*, Universitat Rovira i Virgili (España)
- Machuca, J.A.D., et al. (1994). *Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Mc Graw Hill. Méx.
- Manna, E. M., J. Rojas-Mora and C. Mondaca-Marino (2017). *Application of the Forgotten Effects Theory for Assessing the Public Policy on Air Pollution of the Commune of Valdivia, Chile*. In Benoit Otjacques, Patrik Hitzelberger, Stefan Naumann, and Volker Wohlgemuth eds. Springer, Science to Society, pp 61-72.
- Manton K. G. (1994), "Statistical applications using fuzzy sets". Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics..
- Markowitz H (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. Jhon Wiley sons, New Cork.
- Márquez Álvarez N., González Santoyo F. (1999). *Aproximación de un problema de transporte multiobjetivo mediante una función objetivo fuzzy*. VI Congress of the International Society for Fuzzy Management and Economy – SIGEF 99, Morelia México PP. 64 - 69.
- Martínez Cárdenas F., González Santoyo F., Flores Romero V., Vargas Uribe G. (2005). *Selección óptima de carteras de inversión usando el problema Knapsack*. XIV International Conference AEDEM. Morelia México.
- Méndoza Ramírez Jorge A. (2000) *Decisiones Financieras múltiples en ambiente difuso*. Tesis de grado Maestro en Administración. DEPFCA - UMSNH, Morelia, Michoacán, México, 2000.
- Merigo, J.M. and Gil Lafuente, A.M. (2011), *OWA Operators in Human Resource Management; Economic Computation and Economic Cybernetics Study and Research; ASE Publishing;*
- Merigo, J.M. and Gil Lafuente, A.M. (2013), *Decision Making with Induced Aggregation Operators and the Adequacy Coefficient. Economic Computation and Economic Cybernetics Study and Research; ASE Publishing;*
- Milkovich G.T., Boudreau John W. (1988). *Human Resource Management*. Addison Wesley
- Moskowitz H., Wright Gordon P. (1982). *Investigación de Operaciones*. Prentice Hall. México.
- Narasimhan S, Mc. Leavey D.W., Billington P., (1996). *Planeación de la producción y control de inventarios*. Prentice Hall. México.
- Nordstrom, K., and J. Ridderstrale. (2002). *Funky business: Talent makes capital dance*. Pearson Education.
- ONU, (1958). *Manual de proyectos de desarrollo económico*. ONU México D.F.
- PROMEXICO. (2014). *Negocios internacionales: PYMES Eslabón fundamental para el crecimiento de México*. Recuperado de PROMEXICO:
- Ramírez S.D. (1994). *Sistemas de decisión en condiciones de incertidumbre con evaluación ponderada aplicados al análisis financiero*. Memorias 1er. congreso SIGEF. Reus, España.
- Ramírez S.D. (1994). *Sobre el tratamiento lógico en el conocimiento probable*. II congreso SIGEF. Santiago Compostela. Pp. 499-515.
- Ramírez Sarrión Diego (1988) *La teoría matemática de los subconjuntos borrosos y su aplicación a la valoración y selección de proyectos de inversión*, Centro de estudios universitarios Ramón Arces (Madrid, España)
- Rico, M. A. y J. Tinto (2010). *Herramientas con base en subconjuntos borrosos. Propuesta procedimental para aplicar expertizaje y recuperar efectos olvidados en la información*

contable. Actualidad Contable FACES Año 13 N° 21, Julio- Diciembre 2010. Mérida, Venezuela (127-146).

Romero C., (1983) "Fuzzy Mathematical Programming Applied To the Lorie Savage Problem". ORSA/TIMS.

Schoeder Roger G., (1992), *Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones*. Mc. Graw Hill. México.

Secretaría de Economía (2015). *Clasificación de las empresas en México*. Recuperado de la Secretaría de Economía:

Silvano Martello; Paolo Toth (1990). *Knapsack Problems Algorithms and Computer Implementations*. John Wiley & Sons.

Spendolini Michael J. (1992). *The Benchmarking Book*. AMACOM

Tawfik, L., Chauvenel, A.M. (1993). *Administración de la Producción*. Mc Graw Hill. México.

Tellez Miranda M. (2003). *Estructuras de Negocios para Empresas Líderes*. DEPFCCA-UMSNH. Tesis para obtener el grado de MBA Morelia Michoacán México.

Terceño Gómez A.(1998) *Instrumentos para el análisis empresarial en un ambiente incierto*. Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales, España.

Terceño Gómez A., Márquez Alvarez N, Belvis Fornós C. (1998). *Un estudio sobre las aproximaciones a las expresiones financieras inciertas*. Facultat de Ciències Econòmiques i empresariales. Universitat Rovira i Virgili. Reus, España.

Terceño Gómez A., Márquez Alvarez N., Barberá Mariné G. (1995). *Estudio de una aproximación a la función de pertenencia del término amortizativo de un préstamo*. Revista Europea de dirección y economía de la empresa., Vol. 4, No. 1, pp. 115-125.

Terceño Gómez A., Saez B.J. (1999) *Criterios de valoración de inversiones*. Notas de la Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales. Universitat Rovira i Virgili. Reus, España, 1999.

Tolley, and K. G. (1991) Manton, "Intervention effects among a collection of risks". Transaction of the Society of Actuaries.

Vertreess, (1993) "A model for allocation budgets in a closed system which simultaneously computes diagnosis related group allocations weights". Operations Research.

Wayne Mondy R, Noe Robert M. (1997). *Human Resource Management*. Prentice Hall

Werther W., Davis Keith (1996). *Human Resource and Personnel Management*. Mc Graw Hill Companies Inc.

www.idescat.cat

www.racef.es

Yuin Wu (1996). *Reconocimiento de Pautas Mediante la Distancia de Mahalanobis*. Symposium en TDP. Pomona Calif.

Zadeh L. A. (1965). *Fuzzy sets. Information and Control*. 8(3) pp. 338-353. Academic Press Inc.

Zimmermann H. J. (1996). *Fuzzy Set – Theory its Applications*. Kluwer Academic Pub.

## ÍNDICE REMISIVO

### A

- Asignación. Método Húngaro ..... 121
- Asignación. Modelo de Asignación ..... 119
- Asignación. Problemas propuestos ..... 130

### B

- Bibliografía ..... 233

### D

- Determinación del tamaño de las empresas en la certeza e incertidumbre ..... 33

### E

- El inventario óptimo en la incertidumbre como estrategia para el posicionamiento empresarial ..... 69
- Empresa. Aplicaciones ..... 89
- Empresa. Aplicaciones. Aplicación de la teoría de decisiones ..... 106
- Empresa. Aplicaciones. Modelado de un sistema de producción ..... 89
- Empresa. Aplicaciones. Optimización en la producción agrícola ..... 100
- Empresa. Localización ..... 13
- Empresa. Localización. Análisis de caso ..... 22
- Empresa. Localización. Caso clásico del modelo de transporte ..... 26
- Empresa. Localización. Introducción ..... 13
- Empresa. Localización. Localización empresarial ..... 14
- Empresa. Localización. Método de transporte ..... 20
- Empresa. Localización. Método del centro de gravedad ..... 17
- Estrategias para la selección óptima de carteras de inversión usando el modelo de la mochila ..... 195

### F

- Factores que inciden en el desempeño de las MIPYMES en Michoacán, México: un enfoque de la Teoría de los Efectos Olvidados ..... 207

- Factores que inciden en el desempeño de las MIPYMES en Michoacán, México: un enfoque de la Teoría de los Efectos Olvidados. Introducción.....207

**I**

- Inventario óptimo. El inventario óptimo en la incertidumbre como estrategia para el posicionamiento empresarial .....69
- Inventario óptimo. Caso de análisis .....77
- Inventario óptimo. Comportamiento de la demanda .....73
- Inventario óptimo. Los costos en el inventario .....71
- Inventario óptimo. Tamaño de Lote Económico (EOQ) Fuzzy .....80
- Inventario óptimo. Tamaño del Lote Económico (EOQ) Clásico .....73

**L**

- La teoría de la incertidumbre en la selección óptima de recursos humanos en la empresa .....133

**M**

- MIPYMES en Michoacán. Aplicación a las MIPYMES michoacanas.....218
- MIPYMES en Michoacán. Conclusiones .....232
- MIPYMES en Michoacán. Descripción de la metodología .....208
- MIPYMES en Michoacán. Discusión de los resultados.....228
- MIPYMES en Michoacán. Factores que inciden en el desempeño de las MIPYMES en Michoacán, México: un enfoque de la Teoría de los Efectos Olvidados .....207

**P**

- Posicionamiento empresarial. El inventario óptimo en la incertidumbre como estrategia para el posicionamiento empresarial.....69
- Producción. La producción y su impacto en la rentabilidad en los sistemas de producción.....157

**R**

- Recursos humanos. Características de los recursos humanos .....133
- Recursos humanos. Caracterización teórica en la incertidumbre de la selección de los recursos humanos .....137
- Recursos humanos. Caso de estudio .....146
- Recursos humanos. La teoría de la incertidumbre en la selección óptima de recursos humanos en la empresa .....133

- Recursos humanos. Resultados y conclusiones .....153
- Rentabilidad en los sistemas de producción. La producción y su impacto en la rentabilidad en los sistemas de producción .....157

**S**

- Selección óptima de carteras de inversión. Análisis de casos .....202
- Selección óptima de carteras de inversión. Conclusiones .....204
- Selección óptima de carteras de inversión. Estrategias para la selección óptima de carteras de inversión usando el modelo de la mochila .....195
- Selección óptima de carteras de inversión. Estrategias para la selección óptima de carteras de inversión usando el modelo de la mochila. Introducción .....195
- Selección óptima de carteras de inversión. Modelos de la mochila (KNAPSACK) .....196
- Selección óptima de carteras de inversión. Programa desarrollado .....200
- Sistemas de producción. Propuesta de evaluación del riesgo financiero .....178
- Sistemas de producción. Técnicas de evaluación de inversiones ante información esperada perfecta .....157

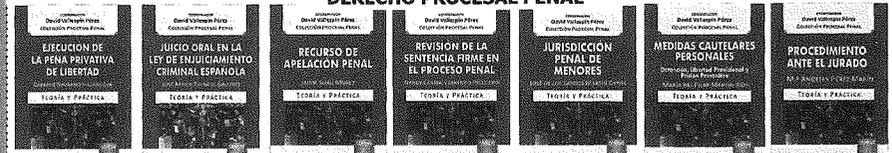
**T**

- Tamaño de las empresas. Análisis de caso con información bien comportada ...37
- Tamaño de las empresas. Análisis en la incertidumbre .....40
- Tamaño de las empresas. Determinación del tamaño de las empresas en la certeza e incertidumbre .....33
- Tamaño de las empresas. Determinación del tamaño de las empresas en la certeza e incertidumbre. Introducción.....33
- Tamaño de las empresas. Metodología de cálculo de tamaño mínimo económico .....36
- Teoría de la incertidumbre. La teoría de la incertidumbre en la selección óptima de recursos humanos en la empresa .....133
- Teoría de los Efectos Olvidados. Factores que inciden en el desempeño de las MIPYMES en Michoacán, México: un enfoque de la Teoría de los Efectos Olvidados .....207
- Transporte en la empresa. Definición del modelo .....47
- Transporte en la empresa. El sistema de transporte .....47
- Transporte en la empresa. Etapas de solución del modelo de transporte .....50
- Transporte en la empresa. Método de la aproximación de Vogel .....55
- Transporte en la empresa. Método de la esquina noreste .....51
- Transporte en la empresa. Método de los multiplicadores .....63
- Transporte en la empresa. Método del banquillo .....58
- Transporte en la empresa. Método del costo mínimo .....53

# NOVEDADES JURÍDICAS EDITORIAL JURUÁ

Desde 1969 en Brasil y 2009 en España comprometida con la promoción y divulgación del conocimiento científico.

## DERECHO PROCESAL PENAL



<b>Ejecución de la Pena Privativa de Libertad</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez Carmen Navarro Villanueva	<b>Juicio Oral en la Ley de Enjuiciamiento Criminal Española</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez José María Asencio Gallego - 176p ISBN: 978989712432-7 22,50 € + IVA	<b>Recurso de Apelación Penal</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez Jaime Suau Morey ISBN: 978989712409-9 19,90 € + IVA	<b>Revisión de la Sentencia Firme en el Proceso Penal</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez Nancy Carina Vermengo Pellejero ISBN: 978989712418-1 34,90 € + IVA	<b>Jurisdicción Penal de Menores</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez José de los Santos Martín Ostos ISBN: 978989712390-0 22,00 € + IVA	<b>Medidas Cautelares Personales</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez María del Pilar Martín Ríos - 196p ISBN: 978989712375-7 24,90 € + IVA	<b>Procedimiento Ante el Jurado</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Procesal Penal Coord.: David Vallespín Pérez M.ª Ángeles Pérez Marín ISBN: 978989712381-8 22,90 € + IVA
---	---	---	--	---	--	--

## DERECHO FINANCIERO Y TRIBUTARIO



<b>Responsabilidad Tributaria por Levantamiento del Velo</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Derecho Financiero y Tributario Coord.: M.ª Amparo Grau Ruiz Lilian Rosario López García ISBN: 978989712465-5 23,50 € + IVA	<b>Impuesto de Salida Español</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Derecho Financiero y Tributario Coord.: M.ª Amparo Grau Ruiz Belén García Carretero ISBN: 978989712429-7 23,90 € + IVA	<b>Consecuencias Tributarias de la Separación, Nulidad y Divorcio</b> <i>Teoría y Práctica</i> Solución de Problemas Fiscales al Finalizar la Relación de Pareja (Crisis Matrimoniales y de Uniones de Hecho) Colección Derecho Financiero y Tributario Mercedes Ruiz Garijo - 200p ISBN: 978989712384-9 24,90 € + IVA	<b>Régimen Fiscal de Expatriados e Impatriados</b> <i>Teoría y Práctica</i> Colección Derecho Financiero y Tributario Coord.: M.ª Amparo Grau Ruiz Belén García Carretero ISBN: 978989712355-9 23,90 € + IVA	<b>Gobierno Corporativo y Prácticas Tributarias</b> <i>Teoría y Práctica</i> Ana Belén Campuzano y Carmen Calderón Patier ISBN: 978989712435-8 22,90 € + IVA	<b>Categorías Tributarias</b> <i>Principios Generales de Imposición en España y América Latina</i> José María Pérez Zúñiga ISBN: 978989712417-4 16,90 € + IVA	<b>El Principio de Igualdad Tributaria</b> <i>De la Teoría de la Igualdad al Control de las Desigualdades en la Imposición</i> Andrei Pitten Velloso ISBN: 978989831210-5 43,00 € + IVA
---	---	--	--	--	---	---

**DERECHO PROCESAL CIVIL**



**El Incidente de Nulidad de Actuaciones en la Justicia Constitucional**  
 Teoría y Práctica  
 Colectión Derecho Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 ISBN: 978989712509-6  
 34,90 € + IVA

**Proceso Monitorio**  
 Evolución Legislativa, Doctrinal y Jurisprudencial Actualizado con la Reforma de la Ley 42/2015 - Con Apéndices sobre el Proceso Monitorio Europeo y el Proceso Europeo de Escasa Cuantía  
 Juan Manuel Bermúdez Requena  
 202p - ISBN: 978989712408-2  
 26,00 € + IVA

**Retos de la Justicia en España**  
 Algunas Aportaciones de Derecho Comparado  
 María Marcos González  
 602p  
 ISBN: 978989712341-2  
 48,00 € + IVA

**Apelación Civil**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Eloy Moreno Tarrés - 134p  
 ISBN: 978989712366-5  
 18,90 € + IVA

**Ejecución Provisional de Sentencias Civiles**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Xulio Ferreiro Baamonde - 238p  
 ISBN: 978989712307-8  
 27,90 € + IVA

**El Juicio Cambiario**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Sergi Guasch Fernández - 314p  
 ISBN: 978989712218-7  
 33,60 € + IVA

**El Proceso Ordinario Civil**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Rosa Pérez Martell y Salvador Iglesias Machado  
 214p  
 ISBN: 978989712230-9  
 24,90 € + IVA



**Embargo de Bienes**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Coord.: Mª Inmaculada Sánchez Barrios  
 Autores: Rafael Cuevas Castaño, Miguel Ángel Gómez Castaño, José Luis Sánchez Barrios y Mª Inmaculada Sánchez Barrios  
 242p - ISBN: 978989712394-8  
 29,90 € + IVA

**Juicio Verbal en la Ley de Enjuiciamiento Civil Española**  
 Análisis tras su reforma por Ley 42/2015  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Mª del Pilar Martín Ríos y Mª Ángeles Pérez Marín - 184p  
 ISBN: 978989712228-6  
 22,90 € + IVA

**La Subasta Judicial**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Mª del Pilar Martín Ríos y Mª Ángeles Pérez Marín - 184p  
 ISBN: 978989712228-6  
 22,90 € + IVA

**Las Medidas Cautelares en el Proceso Civil Español**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Ezequiel Osorio Acosta - 152p  
 ISBN: 978989712240-8  
 20,90 € + IVA

**Procesos Especiales sobre Capacidad, Filiación, Matrimonio y Menores**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Rosa Rodríguez Bahamonde - 132p  
 ISBN: 978989712238-5  
 17,90 € + IVA

**Prueba Civil**  
 Teoría General  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 José María Lombardero Martín - 164p  
 ISBN: 978989712344-3  
 22,90 € + IVA

**Recurso de Casación Civil**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Proceso Civil  
 Coord.: David Vallespín Pérez  
 Nancy Carina Vermengo Pellejero y Roberto Serrano Amado  
 148p - ISBN: 978989712291-0  
 19,90 € + IVA

**DERECHO MERCANTIL**



**Redes de Franquicia**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Mercantil  
 Director: David Vallespín Pérez - Coord.: Cristina Roy Pérez  
 Jaume Martí Miravalls - 304p  
 ISBN: 978989712436-5  
 36,90 € + IVA

**Defensa de la Competencia**  
 Aplicación Práctica  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Mercantil  
 Director: David Vallespín Pérez  
 Coord.: Cristina Roy Pérez  
 Silvia Gómez Trinidad  
 ISBN: 978989712428-0  
 28,90 € + IVA

**Contrato de Seguro**  
 Introducción a la Ley 50/1980  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Mercantil  
 Director: David Vallespín Pérez  
 Coord.: Cristina Roy Pérez  
 Cristina Roy Pérez - 206p  
 ISBN: 978989712420-4  
 26,90 € + IVA

**Órgano de Administración de las Sociedades Mercantiles Capitalistas**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Mercantil  
 Director: David Vallespín Pérez  
 Coord.: Cristina Roy Pérez  
 Judith Morales - 134p  
 ISBN: 978989712421-1  
 19,90 € + IVA

**Derecho Electoral Español**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Constitucional  
 Director: David Vallespín Pérez - Coord.: Argelia Queralt Jiménez  
 Miguel Pérez-Moneo, María Garrote de Marcos y Esther Pano Puey  
 ISBN: 978989712422-8  
 36,90 € + IVA

**Género y Constitución**  
 Mujeres y Varones en el Orden Constitucional Español  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Constitucional  
 Director: David Vallespín Pérez - Coord.: Argelia Queralt Jiménez  
 Blanca Rodríguez Ruiz - 288p  
 ISBN: 978989712425-9  
 43,90 € + IVA

**La Libertad de Expresión en América y Europa**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Constitucional - Director: David Vallespín Pérez - Coord.: Argelia Queralt Jiménez  
 Miguel Ángel Presno Linera y Germán M. Teruel Lozano - 380p  
 ISBN: 978989712425-9  
 43,90 € + IVA

**DERECHO CIVIL**



**Acogimiento de Menores**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Encarnación Abad Arenas  
 150p - ISBN: 978989712464-8  
 22,50 € + IVA

**Honor, Intimidad y Propia Imagen**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil - Coord.: Inmaculada García Presas  
 María Paz Sánchez González  
 308p - ISBN: 978989712426-6  
 39,90 € + IVA

**El Sistema Arbitral de Consumo**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Marta Madriñán Vázquez - 204p  
 ISBN: 978989712236-1  
 23,90 € + IVA

**Guarda y Custodia de los Hijos**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Inmaculada García Presas  
 ISBN: 978989712350-4  
 23,90 € + IVA

**Crisis Matrimoniales - 2ª Ed.**  
 Nulidad, Separación y Divorcio - Tras las Reformas Legislativas de 2015  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Blanca Sillero Crovetto - 380p  
 ISBN: 978989712405-1  
 39,90 € + IVA

**Regimen Jurídico de los Desahucios y Lanzamientos**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Francisco Javier Jiménez Muñoz - 278p  
 ISBN: 978989712405-1  
 34,90 € + IVA

**Partición de la Herencia**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Mª Paz Pous de la Flor - 226p  
 ISBN: 978989712357-3  
 26,90 € + IVA



**Responsabilidad Civil y Derecho de Daños**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil - 2ª Ed.  
 Tras Las Reformas Legislativas de 2015  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil - Coord.: Inmaculada García Presas  
 Dolores Palacios González - 180p  
 ISBN: 978989712396-2  
 23,40 € + IVA

**Responsabilidad por Daños**  
 Imputación y Nexa de Causalidad  
 Pablo Malheiros da Cunha Frota  
 Traducción: Fernando Pedro Meirero  
 Prólogo de Francisco Infante Ruiz  
 334p - ISBN: 978989712310-8  
 32,00 € + IVA

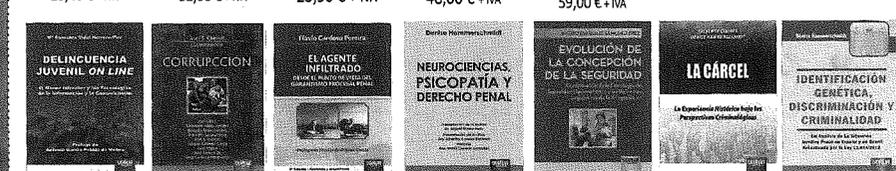
**La Mediación Familiar desde el Ámbito Jurídico**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 200p  
 ISBN: 978989831203-7  
 23,90 € + IVA

**La Protección Jurídica de los Conocimientos Tradicionales**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 200p  
 ISBN: 978989712248-4  
 48,00 € + IVA

**Familia a la Luz del Convenio Europeo de Derechos Humanos**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Civil  
 Coord.: Inmaculada García Presas  
 Susana Almeida Prólogo de Eva María Martínez Gallego  
 578p  
 ISBN: 978989712365-8  
 59,00 € + IVA

**Sistema Penal Tributario**  
 Principios político-criminales y límites de la tipicidad en el delito fiscal del art. 305 CP.  
 Joaquín Bages Santacana  
 ISBN: 978989712510-2  
 32,90 € + IVA

**Ciberdelincuencia**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Penal - Director: David Vallespín Pérez - Coordinador: Joan J. Queralt  
 Francisco Almenar Pineda  
 ISBN: 978989712510-2  
 32,90 € + IVA



**Delincuencia Juvenil On Line**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Penal  
 El Menor Infractor y las Tecnologías de la Información y la Comunicación  
 Mª Soñsoles Vidal Herrero-Vitor  
 Prólogo de Antonio García-Pablos de Molina - 210p  
 ISBN: 978989712380-1  
 24,90 € + IVA

**Corrupción**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Penal  
 Coord.: Joan J. Queralt  
 184p  
 ISBN: 978989712423-5  
 24,90 € + IVA

**El Agente Infiltrado**  
 Desde el Punto de Vista del Garantismo Procesal Penal 2ª Ed.  
 Revisado y Actualizado con la Ley Orgánica 13/2015 y la Ley 41/2015  
 Flávio Cardoso Pereira  
 Prólogo de Nicolás Rodríguez García  
 778p - ISBN: 978989712370-2  
 69,00 € + IVA

**Neurociencias, Psicopatía y Derecho Penal**  
 Teoría y Práctica  
 Colección Derecho Penal  
 Presentación de la Obra: Dra. Mirentxu Corcoy Bidasola - Prefacio: Dra. María Casado González  
 Denise Hammerschmidt  
 424p - ISBN: 978989712447-1  
 39,00 € + IVA

**Evolución de la Concepción de la Seguridad**  
 Contribución de la Estrategia de Seguridad Nacional 2013 y las Reformas Legislativas de la X Legislatura  
 Ingrid Estibalz Sánchez Diez  
 334p - ISBN: 978989712389-4  
 39,90 € + IVA

**La Cárcel**  
 La Experiencia Histórica bajo las Perspectivas Criminológicas  
 Gilberto Giacoia y Denise Hammerschmidt  
 134p  
 ISBN: 978989712180-7  
 14,90 € + IVA

**Identificación Genética, Discriminación y Criminalidad**  
 Un Análisis de la Situación Jurídica Penal en España y en Brasil - Actualizada por la Ley 12.654/2012  
 Denise Hammerschmidt  
 180p - ISBN: 978989712168-5  
 18,00 € + IVA

**DERECHO DEL TRABAJO Y DE LA SEGURIDAD SOCIAL**



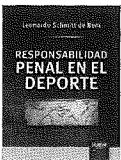
**Inmigración**  
Tratamiento Jurídico Penal en el Derecho Español  
Thamara Duarte Cunha Medeiros  
Prólogo de Miguel Olmedo Cardenete  
342p - ISBN: 978989712288-0  
34,50 € + IVA



**La Tentativa del Delito**  
Análisis a partir del Concepto Significativo de la Acción  
Paulo César Busato  
456p - ISBN: 978989831273-0  
45,00 € + IVA



**Teoría General de la Participación Criminal y Acciones Neutrales**  
Una Cuestión Única de Imputación Objetiva  
José Danilo Tavares Lobato - Traducción: Zussel Acuña - 120p  
ISBN: 978989712331-3  
15,90 € + IVA



**Responsabilidad Penal en el Deporte**  
Leonardo Schmitt de Bem  
464p  
ISBN: 978989712276-7  
38,30 € + IVA



**Derecho de la Seguridad Social**  
Teoría y Práctica  
Colección del Derecho del Trabajo y Seguridad Social - Coord.: M<sup>a</sup> Yolanda Sánchez-Urán Azaña  
Directora: Eva María Blázquez Agudo  
272p - ISBN: 978989712424-2  
29,90 € + IVA



**Protección por Desempleo**  
Los Distintos Niveles Complementarios y Sucesivos  
Teoría y Práctica  
Colección del Derecho del Trabajo y Seguridad Social - Coord.: M<sup>a</sup> Yolanda Sánchez-Urán Azaña  
Eva María Blázquez Agudo - 172p  
ISBN: 978989712374-0  
21,50 € + IVA



**Recursos Extraordinarios en la Jurisdicción Social**  
Teoría y Práctica  
Colección del Derecho del Trabajo y Seguridad Social - Coord.: M<sup>a</sup> Yolanda Sánchez-Urán Azaña  
José María Marín Correa - 142p  
ISBN: 978989712343-6  
19,50 € + IVA



**Trabajo Autónomo 2ª Ed.**  
Régimen Jurídico de la Prestación de Servicios Tras las Reformas Legislativas de 2015  
Teoría y Práctica  
Colección del Derecho del Trabajo y Seguridad Social - Coord.: M<sup>a</sup> Yolanda Sánchez-Urán Azaña  
Sira Pérez Agulla  
178p - ISBN: 978989712393-1  
21,30 € + IVA



**Trabajadores Autónomos y Seguridad Social**  
Teoría y Práctica  
Colección del Derecho del Trabajo y Seguridad Social - Coord.: M<sup>a</sup> Yolanda Sánchez-Urán Azaña  
Olimpia Del Águila Cazorla  
186p  
ISBN: 978989712345-0  
23,90 € + IVA



**Derecho del Trabajo**  
Transformaciones Ante la Crisis  
Directora: Carolina San Martín Mazzucconi  
204p  
ISBN: 978989712383-2  
24,90 € + IVA



**Libertades de Circulación y Derechos de Protección Social en la Unión Europea**  
Un Estudio de Jurisprudencia del Tribunal de Justicia  
Dirección: Joaquín García Murcia  
500p - ISBN: 978989712395-5  
49,90 € + IVA



**La Cuantía de lo Litigado en los Procesos Laborales**  
Jesús Vázquez Forno  
132p  
ISBN: 978989712190-6  
18,50 € + IVA



**Derecho del Trabajo**  
Lecturas sobre la Obra Científica de Germán José María Barreiro González en sus XXV Años como Catedrático de Derecho del Trabajo  
Directores: Juan José Fernández Domínguez, María de los Reyes Martínez Barroso y Susana Rodríguez Escanciano - 434p  
ISBN: 978989712093-0  
38,40 € + IVA



**La Tutela Reparadora de los Riesgos Psicosociales**  
Henar Álvarez Cuesta, Javier Fernández-Costales Muñoz, José Gustavo Quirós Hidalgo, María de los Reyes Martínez Barroso, Roberto Fernández Fernández y Rodrigo Tascón López - 288p  
ISBN: 978989831206-8  
29,00 € + IVA



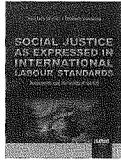
**Reflexiones sobre el Presente y Futuro del Derecho Español del Trabajo**  
Germán Barreiro González y Susana Rodríguez Escanciano  
224p - ISBN: 978989831241-9  
23,00 € + IVA



**Responsabilidad Empresarial y Protección de la Salud Laboral**  
Análisis Jurídico Interdisciplinar  
Director: José Eduardo López Ahumada  
460p - ISBN: 978989712222-4  
38,30 € + IVA



**Reformas Laborales Frente a la Crisis a la Luz de los Estándares de la OIT**  
Director: José Luis Gil y Gil  
388p  
ISBN: 978989712282-8  
32,50 € + IVA



**Social Justice as Expressed in International Labour Standards**  
Documents and Materials of the ILO  
José Luis Gil y Gil y Tatsiana Ushakova  
402p  
ISBN: 978989712349-8  
43,00 € + IVA



**Derecho Sindical 2ª Ed.**  
Cuestiones Actuales en España  
Jordi García Viña  
500p  
ISBN: 978989712226-2  
48,00 € + IVA



**Políticas de Empleo en la Unión Europea**  
Natalia Ordóñez Pascua  
356p  
ISBN: 978989712202-6  
32,90 € + IVA

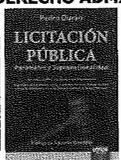


**Prevención de Riesgos Laborales**  
Formación e Información  
María Purificación García Miguélez  
672p - ISBN: 978989831204-4  
69,90 € + IVA

**DERECHO ADMINISTRATIVO**



**El Daño en el Derecho Administrativo**  
Enrique Rivera Ysern  
120p  
ISBN: 978989712548-5  
18,50 € + IVA



**Licitación Pública**  
Parámetro y Supranacionalidad  
Pedro Duráñ  
Prólogo de Agustín Gardillo  
338p  
ISBN: 978989712335-1  
28,70 € + IVA



**Instituciones de Procedimiento Administrativo Común**  
Novedades de la Ley 39/2015  
Directores: Ricardo Rivero Ortega, María Dolores Calvo Sánchez y Marcos Fernando Pablo - 374p  
ISBN: 978989712368-9  
48,00 € + IVA



**Acceso Igualitario a la Función Pública 2ª Ed.**  
Consideraciones sobre el Modelo Español de Selección de los Funcionarios Tras Los Reales Decretos Legislativos 1/2013 y 5/2015  
Fábio Lins de Lessa Carvalho  
Prólogo de M<sup>a</sup> Angeles González Bustos  
296p - ISBN: 978989712397-9  
34,90 € + IVA

**DERECHO INTERNACIONAL/COMUNITARIO**



**Derecho Cooperativo Latinoamericano**  
Prólogo de Hagen Henry - Colección *Derecho y Cooperativismo - Volumen I*  
Coords.: Mario S. Schujman y Ronaldo Chaves Gaudilo  
Orgs.: AIDCMES e IBECOOP  
310p - ISBN: 978989712493-8  
37,00 € + IVA



**Construcción del Derecho Privado en la Unión Europea**  
Sujetos y Relaciones Jurídicas  
Roberto Cippani  
270p  
ISBN: 978989712416-7  
32,00 € + IVA



**Migraciones Internacionales e Impacto de la Crisis Económica**  
Compromisos de la OIT  
Director: José Luis Gil y IBECOOP  
314p  
ISBN: 978989712216-3  
28,70 € + IVA



**La Dimensión de la Soberanía en el Mercosur**  
Marcio Moreira Pinto  
144p  
ISBN: 978989831229-7  
14,90 € + IVA



**Treinta Años de Integración Europea**  
Director: Carlos Francisco Molina del Pozo  
656p  
ISBN: 978989831202-0  
49,50 € + IVA



**Tratado de Derecho de la Unión Europea**  
Carlos Francisco Molina del Pozo  
Vol. I - 352p  
ISBN: 978989712321-4  
28,70 € + IVA  
Vol. II - 722p  
ISBN: 978989712323-8  
57,60 € + IVA  
Vol. III - 602p  
ISBN: 978989712325-2  
48,90 € + IVA  
Vol. IV - 784p  
ISBN: 978989712327-6  
57,60 € + IVA



**Relaciones Bilaterales Entre México y Europa el Estado de la Cuestión**  
Directores: Carlos Francisco Molina del Pozo y Terina Palacios Cruz  
368p - ISBN: 978989712018-3  
37,50 € + IVA



**Televisión Digital**  
El Marketing ante la Retos de la Televisión Conectada - Colección de Economía y Empresa - Director: David Vallespín Pérez - Coord.: Anna Gil Lafuente  
Francisco-Javier Arroyo-Cañada, Jaime Gil-Lafuente y Fátima Vila-Márquez  
37,50 € + IVA



**Establecimiento Permanente en la Era Post-Beps**  
Colección *Derecho Fiscal* - Director: David Vallespín Pérez - Coord.: José María Toullas  
Angelina Bauzá Martínez



**El Orden de la Información**  
Antonio López Pina  
108p  
ISBN: 978989712232-3  
13,50 € + IVA



**Regulación de la Biotecnología y Derecho Sancionador**  
Bruno Tanus Job e Meira  
Prólogo de Carlos María Romeo Casabona  
368p - ISBN: 978989831247-1  
38,00 € + IVA



**IUS QUIJOTESCUM**  
Una Visión Literaria del Derecho en la Novela Don Quixote de la Mancha  
Germán José María Barreiro González  
140p  
ISBN: 978989831200-6  
14,40 € + IVA



**Habla Don Quixote de la Mancha**  
Las Más Famosas Discursos, Consejos y Reflexiones del Ingenioso y Andante Caballero con Algún Razonamiento de Aljullfura de Sancho Panza su Escudero  
Germán Barreiro González  
94p - ISBN: 978989712387-0  
13,00 € + IVA



**Filosofía Cooperativa**  
Análisis del Proceso de Conformación del Cooperativismo  
Presentación: Profesor Doctor Javier Divar  
José Eduardo de Miranda - 172p  
ISBN: 978989712404-4  
22,90 € + IVA



**Teoría de la Legislación y Derecho como Integridad**  
Adalberto Narciso Hommerding  
324p  
ISBN: 978989712170-8  
32,90 € + IVA



**Secreto Profesional en el Ámbito de la Enfermería**  
María Dolores Calvo Sánchez  
132p  
ISBN: 978989831209-9  
19,90 € + IVA



**Creación de Empresas Aproximación al Estado del Arte**  
Entrepreneurship An Approach to the State of the Art  
Coords.: Ricardo Hernández Mogollón, María del Mar Fuentes Fuentes y Lázaro Rodríguez Ariza - 552p  
ISBN: 978989831201-2  
49,70 € + IVA

# COLECCIÓN ECONOMÍA Y EMPRESA

**DIRECTOR**  
**David Vallespín Pérez**

Catedrático de Derecho Procesal de la Universitat de Barcelona. Profesor de Litigación Civil del Master de Abogacía UB-ICAB. Autor de numerosas monografías y artículos publicados en las más prestigiosas editoriales y revistas. Columnista en diferentes medios de comunicación. Investigador principal de diferentes proyectos. Ha sido Vicerrector de la Universitat de Barcelona, así como ha realizado estancias de formación e investigación en prestigiosas Universidades europeas y americanas. Actualmente, es el coordinador de la sección de Derecho Procesal de la Universitat de Barcelona.

**COORDINADORA**  
**Anna Gil Lafuente**

Catedrática de Empresa de la Universitat de Barcelona. Coordinadora Científica de la Colección de Economía y Empresa de la Ed. Juruá.



### Federalismo en Teoría y Práctica

*El Caso Español como Proceso Federal. Estudio de la Autonomía Regional y Local en los Sistemas Federales*  
Vanessa Sueli Cock  
474p - ISBN: 978989831248-8  
48,00 € + IVA

### Mediación, Ciudadanía y Convivencia Entre Culturas

Roberta Teresa  
Di Rosa  
180p  
ISBN: 978989712358-0  
23,90 € + IVA

### Libertad de Expresión y Sentimientos Religiosos

Coords.: Miguel Díaz y García Canleido, Juan Antonio García Armado, Irina Alejandra Jumeles Acosta, Salvador Tarodo Sorja - 254p  
ISBN: 978989712116-6  
25,90 € + IVA

### Teoría de la Argumentación Jurídica

Coord.: Mauricio Zanotelli  
*Prólogo de Manuel Atienza Rodríguez*  
486p  
ISBN: 978989712367-2  
49,90 € + IVA

### How to Explain Brazilian Civil Procedure in English

*Coleção FGV Direito Rio*  
William Baynard Meissner  
294p  
ISBN: 978989712336-8  
29,90 € + IVA

### Investigación Científica

*Guía Práctica para Desarrollar Proyectos y Tesis*  
Marta Cristina Biagi - 174p  
ISBN: 978989831244-0  
18,00 € + IVA

### El Nuevo Derecho Agrario

*Publicación conjunta con la Academia Brasileña de Letras Agrarias*  
Coords.: Lucas Abreu Barroso, Elisabete Maniglia y Alcir Gursen de Miranda - 318p  
ISBN: 978989831245-7  
30,00 € + IVA



### Derecho Agrario Contemporáneo

2ª Ed.  
Ricardo Zeledón Zeledón  
864p  
ISBN: 978989831207-5  
56,90 € + IVA



### Pilotos de Líneas Aéreas

*Formación en España y Europa*  
José Luis Navas García  
*Prólogo: Prof. Dr. H.C. Carlos Francisco Molina del Pazo* - 260p  
ISBN: 978989712382-5  
29,00 € + IVA



### Factura Electrónica

*Estrategias para la Implementación*  
Vinicius Pimentel de Freitas  
180p  
ISBN: 978989712280-4  
18,00 € + IVA

### PUBLICACIONES OFICIALES DEL CONSINTER

Contiene artículos en portugués, español e inglés



Número I - Aspectos Atuais e Problemáticas  
Coord.: Alessandra Galli - 948p  
ISBN: 978989712359-7 - 59,00 € + IVA

Número II - Efetividade do Direito  
Org.: Wagner Balera - 416p  
ISBN: 978989712401-3 - 39,90 € + IVA

Número III - Proteção de los Derechos Fundamentales en un Contexto Global - Orgs.: Ignacio García Vitoria y José Manuel Almudi Cid - 768p  
ISBN: 978989712406-8 - 49,00 € + IVA

Ano II - Número IV - Derecho ante los Desafíos de la Globalización - Org.: David Vallespín Pérez - 424p  
ISBN: 978989712431-0 - 39,90 € + IVA

Ano III - Número V - Derecho ante los Desafíos de la Globalización - Org.: David Vallespín Pérez - 298p  
ISBN: 978989712437-2 - 29,90 € + IVA

Ano IV - Número VI - Estudos Contemporâneos  
Orgs.: José Manuel Almudi Cid e Ignacio García Vitoria  
244p - ISBN: 978989712486-0 - 25,00 € + IVA

### REVISTA INTERNACIONAL CONSINTER DE DERECHO

Artículos en portugués, español, inglés e italiano



Ano I - Número I - Directores: David Vallespín Pérez, Germán Barreiro González, Gonçalo S. de Melo Bandeira y Maria Yolanda Sánchez-Urán Azaña - 800p  
ISSN: 2183-6396-00001 - 54,90 € + IVA

Números II al VI - Editor: David Vallespín Pérez - Directores: Germán Barreiro González, Gonçalo S. de Melo Bandeira e Maria Yolanda Sánchez-Urán Azaña

Ano II - Número II - 496 p  
ISSN: 2183-6396-00002 - 39,90 € + IVA

Ano II - Número III - 600 p  
ISSN: 2183-6396-00003 - 44,90 € + IVA

Ano III - Número IV - 544 p  
ISSN: 2183-6396-00004 - 44,00 € + IVA

Ano III - Número V - 520p  
ISSN: 2183-6396-00005 - 43,00 € + IVA

Ano IV - Número VI - 440p  
ISSN: 2183-6396-00006 - 36,00 € + IVA



### La Detección del Abuso Sexual Infantil

*Criterios, dificultades y retos*  
Eva González Ortega  
212p  
ISBN: 978989831251-8  
22,00 € + IVA



### Aplicación de la Metodología de la Observación en Psicología del Desarrollo y de la Familia

Kurt Kreppner  
Traducción de Juan Sánchez-Caravaca - 178p  
ISBN: 978989712305-4  
18,15 € + IVA



### Eduque con Cariño

*Equilibrio entre el amor y los límites*  
Lidia Weber  
*Prólogo de Florencio Vicente Castro*  
160p  
ISBN: 978989831272-3  
17,90 € + IVA

¡ENCUÉNTRERLAS EN LAS MEJORES  
LIBRERÍAS DE ESPAÑA!

Conozca la Revista y el Simposio Internacional de Derecho  
**CONSINTER**  
www.consinter.org

**JURUÁ**  
EDITORIAL  
www.editorialjuruua.com  
Europa Brasil  
Rua General Torres, 1.220 - Lojas 15 e 16 Av. Munhoz da Rocha, 143  
Centro Comercial D'Uro - 4400-096 Juvevê - CEP: 80.030-475  
Vila Nova de Gala/Porto | Portugal Curitiba/Paraná | Brasil  
Fone: +351 223 710 600 | 961 788 750 Fone: +55 (41) 4009-3900  
editorialjuruua@juruua.net  
Precios sujetos a cambio sin previo aviso.  
Material impreso en Portugal.