PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO MULTICRITERIO, PARA QUE LA TOMA DE DECISIONES EN FONDOS DE EMPLEADOS Y COOPERATIVAS DE TRABAJO ASOCIADO DE MANIZALES COADYUVE A LA COOPETITIVIDAD

CARLOS ALBERTO CHICA SALGADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Sede Manizales
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN
Manizales, Diciembre de 2006

PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO MULTICRITERIO, PARA QUE LA TOMA DE DECISIONES EN FONDOS DE EMPLEADOS Y COOPERATIVAS DE TRABAJO ASOCIADO DE MANIZALES COADYUVE A LA COOPETITIVIDAD

CARLOS ALBERTO CHICA SALGADO

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial
para optar al título de Magíster en Administración

Director
Doctor GUILLERMO JIMÉNEZ LOZANO
Profesor Asociado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Sede Manizales
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A mi madre Rubiela por su esfuerzo,
A mi esposa Flor Celmery, y a mis hijos Cristian Camilo,
Esteban y Valentina. A quienes amo mucho y les he
socavado algo de su preciado tiempo

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

RESUMEN ***13***

ABSTRACT ***15***

INTRODUCCIÓN ***17***

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN ***19***

1.1 JUSTIFICACIÓN **19**
1.1.1 Justificación Práctica 21
1.1.2 Justificación Académica 21
1.1.3 Justificación para la Maestría en Administración y la Universidad Nacional 22
1.1.4 Justificación desde el punto de vista personal del investigador 22

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN **23**
1.2.1 Espacial 23
1.2.2 Tamaño 23
1.2.3 Temporal 23
1.2.4 Condiciones de Funcionamiento 23
1.2.5 Tipo de Empresas 24
1.2.6 Empresas que componen el Marco Muestral 24

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA **24**

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN **27**
1.4.1 Objetivo General 27
1.4.2 Objetivos Específicos 27

1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN **28**
1.5.1 Aportes investigativos en el campo de la Decisión Multicriterio Continua, en el contexto mundial 29
1.5.2 Aportes investigativos en el campo de la Decisión Multicriterio Continua, en el contexto nacional 30
1.5.3 Aportes investigativos en el campo de la Decisión Multicriterio Continua, en el contexto regional 30

1.6 CRITERIOS METODOLÓGICOS **31**
1.6.1 Tipo de Investigación 31
1.6.2 Teoría Fundada 31

1.6.3 Fuentes 32
1.6.4 Recolección de Información 32
1.6.4.1 Técnicas 32
1.6.4.2 Fases 33
1.6.4.3 Resultados esperados 33

2. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL 35

2.1 EL RASTRO DE LA MODERNIDAD A LA POSTMODERNIDAD 35
2.1.1 Epistemología sistémica: El camino al pensamiento sistémico 38
2.1.2 Cambio de paradigma 40
2.1.3 Las matemáticas: Sus relaciones con la realidad 42

2.2 LA CONCEPCIÓN DE LA ECONOMÍA SOCIAL 44
2.2.1 Modelo de la Economía Social en Colombia 46
2.2.1.1 Fondos de Empleados 47
2.2.1.2 Cooperativas de Trabajo Asociado (C.T.A.) 48
2.2.1.3 Coopetitividad 49

2.3 EL PROCESO DE LA TOMA DE DECISIONES 51
2.3.1 La toma de decisiones en las organizaciones pertenecientes a la economía social 53

2.4 MODELO MATEMÁTICO EN LA TOMA DE DECISIONES 56

2.5 LOS PROCESOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO 59

3. EL ANÁLISIS MULTICRITERIO 63

3.1 EL ANÁLISIS MULTICRITERIO 63
3.1.1 Introducción 63
3.1.2 Conceptos en el Análisis Multicriterio 66
3.1.3 Preferencias del decisor, relaciones de orden y función de utilidad 68

3.2 MÉTODOS EN EL ANÁLISIS MULTICRITERIO 70
3.2.1 Óptimo de Pareto 70
3.2.2 Métodos de información progresiva 74
3.2.3 Método de ponderación 75
3.2.3.1 Método de la suma ponderada 76

3.3 MÉTODOS DE ASIGNACIÓN DE PESOS EN EL ANÁLISIS MULTICRITERIO 80
3.3.1 Método de la entropía 82
3.3.2 Métodos de la asignación directa 84
3.3.2.1 Método de la ordenación simple 84
3.3.2.2 Método de tasación simple 87

3.3.2.3 El método de las comparaciones sucesivas 87
3.3.3 Método de los Eigenpesos 92
3.3.4 Método de Pattern 99

3.4 MÉTODOS MULTICRITERIOS ORDINALES 101
3.4.1 Introducción 101
3.4.2 Método de Borda 102
3.4.3 Método de Condorcet 105
3.4.4 Métodos Lexicográficos 120
3.4.4.1 Método Multicriterio Lexicográfico 121
3.4.4.2 Método del Semiorden Lexicográfico 126

4. PROGRAMACIÓN POR METAS 134

4.1 LA PROGRAMACIÓN POR METAS 134
4.1.1 Introducción 134
4.1.2 Terminología en la programación por metas 137
4.1.3 Estructura general de un modelo de programación por metas 138

4.2 VARIANTES EN LA PROGRAMACIÓN POR METAS 142
4.2.1 Programación por metas ponderadas 146
4.2.2 Programación por metas con prioridades 152
4.2.2.1 Método Secuencial 156
4.2.2.2 Método Simplex Multifase 163
4.2.3 Otros Procedimientos 167

5. PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO MULTIOBJETIVO 168

PARA TOMA DE DECISIONES 168

5.1 INTRODUCCIÓN 168

5.2 ESTRUCTURA DEL ALGORITMO 170
5.2.1 Selección de Candidatos 170
5.2.2 Selección de Alternativas 174

CONCLUSIONES 180

RECOMENDACIONES 182

BIBLIOGRAFÍA 183

ANEXO Nº 1 187

ENCUESTA 188

ANEXO Nº 3 191

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Gráfico Nº 1. Estructura de la Economía Solidaria en Colombia.....47

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla Nº 1. Matriz de decisión en el Análisis Multicriterio ____ *68*
Tabla Nº 2. Matriz de Decisión. Método óptimo de Pareto ____ *72*
Tabla Nº 3. Matriz de Decisión. Análisis de dominación ____ *73*
Tabla Nº 4. Matriz de Decisión. Análisis de satisfacción ____ *74*
Tabla Nº 5. Datos de partida. Método de la suma ponderada ____ *77*
Tabla Nº 6. Proceso de normalización. Suma por columnas ____ *78*
Tabla Nº 7. Proceso de normalización. Suma por fila de pesos ____ *78*
Tabla Nº 8. Proceso de normalización. Método de la suma ponderada ____ *79*
Tabla Nº 9. Evaluaciones globales. Método de la suma ponderada ____ *79*
Tabla Nº 10. Resultado de evaluaciones globales. Proceso de decisión ____ *80*
Tabla Nº 11. Matriz de evaluaciones normalizadas. Método de la entropía ____ *83*
Tabla Nº 12. Cálculo de las entropías. Método de la entropía ____ *83*
Tabla Nº 13. Evaluaciones globales. Método de la entropía ____ *84*
Tabla Nº 14. Orden de criterios. Método de la ordenación simple ____ *85*
Tabla Nº 15. Asignación de valores para criterios. Método de la ordenación simple ____ *86*
Tabla Nº 16. Asignación promedio de valores para criterios. Método de la ordenación simple ____ *86*
Tabla Nº 17. Valoración de pesos. Método de la ordenación simple ____ *86*
Tabla Nº 18. Normalización de pesos. Método de la tasación simple ____ *87*
Tabla Nº 19. Orden de criterios. Método de las comparaciones sucesivas ____ *89*
Tabla Nº 20. Asignación promedio de valores para criterios. Método de las comparaciones sucesivas ____ *89*
Tabla Nº 21. Comparación con el mayor criterio. Método de las comparaciones sucesivas ____ *90*
Tabla Nº 22. Comparación con el segundo mayor criterio. Método de las comparaciones sucesivas ____ *90*
Tabla Nº 23. Comparación con el tercer mayor criterio. Método de las comparaciones sucesivas ____ *90*
Tabla Nº 24. Modificación de los pesos W_j. Método de las comparaciones sucesivas ____ *91*
Tabla Nº 25. Normalización de pesos. Método de las comparaciones sucesivas ____ *92*
Tabla Nº 26. Estimación de coeficientes. Método de los eigenpesos ____ *93*
Tabla Nº 27. Coeficiente de Inconsistencia Aleatoria. Método de los eigenpesos *94*

Tabla Nº 28. Criterios e identificación. Ejemplo elección de un candidato. Método de los eigenpesos _____ *95*
Tabla Nº 29. Matriz de Comparaciones Binarias. Método de los eigenpesos ____ *95*
Tabla Nº 30. Matriz Completa de Comparaciones Binarias. Método de los eigenpesos _____ *96*
Tabla Nº 31. Resultado matriz de comparaciones. Método de los eigenpesos __ *96*
Tabla Nº 32. Sumatoria de columnas. Método de los eigenpesos _____ *96*
Tabla Nº 33. Ponderación de pesos en las columnas. Método de los eigenpesos *97*
Tabla Nº 34. Resultado ponderación de pesos en las columnas. Método de los eigenpesos _____ *97*
Tabla Nº 35. Sumatoria de filas. Método de los eigenpesos _____ *98*
Tabla Nº 36. Autovector dominante. Método de los eigenpesos _____ *98*
Tabla Nº 37. Obtención de pesos W_j. Método de Pattern _____ *101*
Tabla Nº 38. Matriz de Decisión. Método de Borda _____ *103*
Tabla Nº 39. Matriz de Decisión preorden total para criterios. Método de Borda *104*
Tabla Nº 40. Resultado matriz de Borda. Método de Borda _____ *104*
Tabla Nº 41. Preorden agregado. Método de Borda _____ *105*
Tabla Nº 42. Matriz de Decisión. Método de Condorcet _____ *106*
Tabla Nº 43. Combinaciones Candidato 1. Método de Condorcet _____ *107*
Tabla Nº 44. Combinaciones Candidato 2. Método de Condorcet _____ *109*
Tabla Nº 45. Combinaciones Candidato 3. Método de Condorcet _____ *112*
Tabla Nº 46. Combinaciones Candidato 4. Método de Condorcet _____ *114*
Tabla Nº 47. Combinaciones Candidato 5. Método de Condorcet _____ *116*
Tabla Nº 48. Combinaciones Candidato 6. Método de Condorcet _____ *117*
Tabla Nº 49. Combinaciones Candidato 7. Método de Condorcet _____ *119*
Tabla Nº 50. Combinación Candidatos 8 y 9. Método de Condorcet _____ *119*
Tabla Nº 51. Preorden Social Total. Método de Condorcet _____ *120*
Tabla Nº 52. Matriz de decisión. Método Multicriterio Lexicográfico _____ *122*
Tabla Nº 53. Orden de criterios por importancia de pesos W_j. Método Multicriterio Lexicográfico _____ *122*
Tabla Nº 54. Ordenación primer criterio. Método Multicriterio Lexicográfico ____ *123*
Tabla Nº 55. Ordenación segundo criterio. Método Multicriterio Lexicográfico __ *123*
Tabla Nº 56. Ordenación final. Método Multicriterio Lexicográfico _____ *124*
Tabla Nº 57. Matriz resultante del ordenamiento de criterios por importancia de pesos W_j. Método Multicriterio Lexicográfico _____ *124*
Tabla Nº 58. Matriz de Decisión. Método Multicriterio Lexicográfico _____ *125*
Tabla Nº 59. Matriz de ordenación final. Método Multicriterio Lexicográfico ____ *126*
Tabla Nº 60. Umbrales de indiferencia para criterios. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *127*

Tabla Nº 61. Matriz resultante del ordenamiento de criterios por importancia de pesos W_j. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *127*
Tabla Nº 62. Ordenamiento del primer criterio. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *128*
Tabla Nº 63. Ordenamiento del segundo criterio. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *129*
Tabla Nº 64. Ordenamiento del tercer criterio. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *130*
Tabla Nº 65. Ordenamiento del cuarto criterio. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *131*
Tabla Nº 66. Ordenamiento del quinto criterio. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *132*
Tabla Nº 67. Matriz Antisimétrica de la relación agregada. Método del Semiorden Lexicográfico _____ *133*
Tabla Nº 68. Tipos de metas y variables desviación. Programación por Metas _ *140*
Tabla Nº 69. Estructura matemática multiobjetivo en la Programación por Metas. _____ *145*
*Ejemplo proyecto de inversión*_____ *145*
Tabla Nº 70. Modelo de Programación por Metas. Ejemplo proyecto de inversión _____ *148*
Tabla Nº 71. Modelo de Programación por Metas Ponderadas _____ *149*
*Ejemplo proyecto de inversión*_____ *149*
*Tabla Nº 72. Solución óptima. Modelo de Programación por Metas*_____ *150*
Tabla Nº 73. Valores de las metas, ejemplo proyecto de inversión _____ *151*
*Programación por Metas Ponderadas*_____ *151*
Tabla Nº 74. Modelo de Programación por Metas. _____ *153*
*Ejemplo proyecto de inversión*_____ *153*
*Tabla Nº 75. Modelo de Programación por Metas con Prioridades*_____ *154*
*Ejemplo proyecto de inversión*_____ *154*
Tabla Nº 76. Solución óptima. Modelo de programación por metas con Prioridades _____ *155*
Tabla Nº 77. Valores de las metas, ejemplo proyecto de inversión. _____ *156*
Programación por Metas con Prioridades _____ *156*
Tabla Nº 78. Modelo de Programación por Metas con Prioridades. Método Secuencial _____ *158*
*Tabla Nº 79. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_1. Método Secuencial*_____ *158*
*Tablero Nº 1: Simplex, nivel de prioridad Q_1. Método Secuencial*_____ *159*
*Tabla Nº 80. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_2. Método Secuencial*_____ *160*
*Tablero Nº 1: Simplex, nivel de prioridad Q_2. Método Secuencial*_____ *160*
*Tablero Nº 2: Simplex, nivel de prioridad Q_2. Método Secuencial*_____ *160*

Tabla Nº 81. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_3. Método Secuencial_____161
Tablero Nº 1: Simplex, nivel de prioridad Q_3. Método Secuencial_____161
Tablero Nº 2: Simplex, nivel de prioridad Q_3. Método Secuencial_____161
Tabla Nº 82. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_4. Método Secuencial_____162
Tabla Nº 83. Modelo de Programación por Metas con Prioridades. Método Simplex Multifase_____164
Tablero Nº 1: Simplex. Método Simplex Multifase_____165
Tablero Nº 2: Simplex Multifase. Método Simplex Multifase _____165
Tablero Nº 3: Simplex Multifase. Método Simplex Multifase _____165
Tabla Nº 84. Solución óptima. Método Simplex Multifase_____166
Tabla Nº 85. Estructura matemática. Programación por Metas Mínimax _____167

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO Nº 1 ..... *187*
ENCUESTA *188*
ANEXO Nº 3 ..... *191*

RESUMEN

PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO MULTICRITERIO, PARA QUE LA TOMA DE DECISIONES EN FONDOS DE EMPLEADOS Y COOPERATIVAS DE TRABAJO ASOCIADO DE MANIZALES COADYUVE A LA COOPETITIVIDAD

Considerando que la toma gerencial de las decisiones en las organizaciones pertenecientes al sector de la economía solidaria, es un proceso en donde participan los órganos de administración, control social y económico; a través del cual estas instancias se ven enfrentadas a un problema de decisión, que afecta en forma positiva o negativa a la organización o genera un impacto en su base social o en el entorno en el cual están inmersas, las referidas instancias deben buscar un curso alterno especifico de opciones entre un conjunto de posibles cursos de acción disponibles y en la mayoría de los casos existen factores de incertidumbre sobre el futuro y así no se puede estar seguros de los efectos o consecuencias finales de la decisión elegida.

Se plantea entonces: ¿Cómo se llega a una o cualquiera de estas situaciones de decisión? Encontrándose que la Toma de Decisiones es la respuesta a un problema de decisión, que por lo general se presenta como resultado de una discrepancia entre las condiciones existentes y las metas y objetivos de la unidad empresarial asociativa, representada por sus órganos de administración y vigilancia.

La investigación esta orientada a desarrollar un modelo basado en la teoría de decisión multicriterio, para que en la toma acertada de decisiones en las Cooperativas de Trabajo Asociado y los Fondos de Empleados, éste sea aplicable y tenga un alto grado de aceptación en los órganos de administración, control social y económico, para que estas organizaciones sean mas coopetitivas en el entorno donde interactuan; en donde la toma de decisiones podría orientarse en dos direcciones diferentes, una que consista en la

elaboración de una serie de constructos teóricos y articulaciones lógicas que pretendan explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales y la otra dirección que defina la racionalidad de los agentes económicos con base a una serie de supuestos justificables intuitivamente. La teoría de la decisión multicriterio bien sea discreta o continua, sustenta que los agentes económicos no optimizan sus decisiones con base a un solo objetivo, sino que, por el contrario, pretenden buscar un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos usualmente en conflicto o satisfacer en la medida de lo posible una serie de metas asociadas a dichos objetivos.

PALABRAS CLAVES: Toma de decisiones, Modelo matemático, Análisis multicriterio.

ABSTRACT

PROPOSAL OF A MATHEMATICAL MODEL MULTIPLE CRITERIA, SO THAT THE TAKING OF DECISIONS IN FUNDS OF EMPLOYEES AND COOPERATIVE OF ASSOCIATED WORK OF MANIZALES COOPERATES TO THE COOPETITIVENESS

Considering that the managerial taking of the decisions in the organizations belonging to the sector of the solidary economy, is a process where you/they participate the administration organs, social and economic control; through which these instances are faced to a problem of decision that affects in positive form or negative to the organization or it generates an impact in their social base or in the environment in which introduces are, the referred instances should look for an alternating course I specify of options among a group of possible available action courses and in most of the cases factors of uncertainty exist on the future one and you cannot be this way sure of the effects or final consequences of the elected decision.

He/she thinks about then: How does you arrive to an or anyone of these situations of decision? Being that the taking of Decisions is the answer to a problem of decision that in general is presented as a result of a discrepancy between the existent conditions and the goals and objectives of the associative managerial unit, represented by their administration organs and surveillance.

The investigation this guided to develop a model based on the theory of decision multiple criteria, so that in the guessed right taking of decisions in the Cooperatives of Work Associate and the Fund of Employees, this is applicable and have a high grade of acceptance in the administration organs, social and economic control, so that these organizations are but coopetitivas in the environment where inter-they act; where the taking of decisions could be guided in two different addresses, one that consists on the elaboration of a series of theoretical constructos and logical articulations that seek to

explain and to predict the behavior of the agents real decisores and the other address that it defines the rationality of the economic agents with base to a series of justifiable suppositions intuitively. The theory of the decision multiple criteria well is discreet or continuous, it sustains that the economic agents don't optimize their decisions with base to a single objective, but rather, on the contrary, they seek to usually look for a balance or commitment among a group of objectives in conflict or to satisfy a series of goals associated to this objectives insofar as possible.

KEY WORDS: Taking of decisions, mathematical Model, Analysis multiple criteria.

INTRODUCCIÓN

La realidad del contexto local es que este a estado variando y sé esta transformando, que las condiciones económicas, políticas, sociales y culturales no han permanecido estáticas. Este contexto en su integralidad esta afectando a las organizaciones del sector de la economía solidaria, lo que ha llevado a que los asociados que participan de los órganos de administración y vigilancia sean más efectivos en la toma de sus decisiones, puesto que estas tienen incidencia a través de los impactos que genera la decisión en beneficio de la organización, de la base social y del entorno en la cual esta se encuentra inmersa. En torno a este planteamiento, surge el siguiente interrogante ¿Cómo contribuir para que los Fondos de Empleados y las Cooperativas de Trabajo Asociado que están inmersas como organizaciones de la economía social, puedan ser mas coopetitivas e interactuar en un contexto económico y social tan cambiante como el que se ha venido presentando haciendo uso de un óptimo proceso de toma decisiones?

La respuesta a este interrogante y otros más generados en la actualidad, relacionados con el tema de la toma de decisiones, se vislumbra cuando se analiza en el contexto de las organizaciones solidarias en la actualidad, independiente del lugar donde se encuentren, donde realicen sus actividades, que sus gestiones se miden de acuerdo con el impacto de las decisiones tomadas por sus órganos de administración y vigilancia. Este proceso de decisiones puede ser más óptimo, si estas organizaciones pueden contar con un modelo que les ayude en la toma de las decisiones. Considero que debe ser un modelo de concepción matemática, fundamentado en el análisis multicriterio continuo, que puede llegar a

ser uno de los instrumentos más pujante en el desarrollo actual de la gestión empresarial de organizaciones del sector solidario, como lo son las Cooperativas de Trabajo Asociado y los Fondos de Empleados.

Este modelo se propone con el ánimo de coadyuvar con una herramienta que sirva para afianzar las decisiones, que se toman en el nivel directivo de las organizaciones del sector de la economía social dentro del proceso de toma de decisiones. Para lo cual el desarrollo de este modelo cuantitativo para la toma de decisiones debe comprender lo siguiente:

1. *Análisis del problema:* Etapa que comprende los siguientes aspectos; un objetivo o meta, como segundo; las limitantes que abarcan los recursos y los requerimientos y por último los efectos en el sistema o la organización.
2. *La construcción de un modelo analítico:* Proceso en el cual se traduce el problema al lenguaje matemático para realizar los cálculos y comparar los resultados en los distintos escenarios o situaciones futuras.
3. *Buscar una buena solución:* Elegir la técnica de la solución según las características específicas del modelo y validar los resultados a fin de evitar una solución irrealista.
4. *Comunicar los resultados al decisor:* Comprende el "vender la solución". Sí el decisor "no compra" las recomendaciones, no implementará ninguna de ellas.

Este trabajo de investigación se orienta en primera instancia a presentar la pertinencia de su campo de acción, en una segunda instancia, por medio de su marco teórico como se llegó al desarrollo del algoritmo matemático fundamentado en el análisis multicriterio continuo y su aplicación en la toma de las decisiones. Por ultimo para finalizar con la generación de unas conclusiones, a través de un producto, que permita la aplicación del modelo en las diferentes tipologías de organizaciones referidas en el estudio.

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

Economía solidaria, capitalismo solidario, sector de la economía social; son apelativos que hoy por hoy han ido cobrando renombre, para referirse al tercer sector económico del país: el constituido por empresas caracterizadas por la ausencia del ánimo de lucro, con unos principios de solidaridad, ayuda mutua, democracia, e igualdad de derechos y deberes para todos los cooperados. Organizaciones pertenecientes a este modelo de desarrollo social, como lo son los Fondos de Empleados y las Cooperativas de Trabajo Asociado han venido mostrando interesantes indicadores de gestión empresarial, demostrando que con pocos recursos bien administrados, con sentido colectivo, solidario y equitativo y sus acciones fundamentadas en la confianza; se pueden generar excelentes resultados.

Pero ¿Dónde está la clave del éxito de estas empresas? Lo que caracteriza y diferencia a estas organizaciones de otras, es el uso que le dan a los excedentes anuales, ya que a diferencia de una organización del modelo capitalista, estas no entregan en cabeza de cada asociado el valor de dichos excedentes, sino que lo reinvierten en fondos específicos para el desarrollo de programas de educación, vivienda, cultura, recreación, solidaridad, promoción, generación de unidades productivas empresariales y otras destinaciones definidas por los asociados que

participan en los estamentos directivos, de las decisiones las cuales están orientadas al bienestar común.

Gracias a este sistema o filosofía empresarial, el impacto generado por los Fondos de Empleados y las Cooperativas de Trabajo Asociado en la ciudad de Manizales se refleja entre otros en la vivienda, el trabajo, la educación, la salud, el transporte, la recreación, la generación de empresa y la seguridad social en general (seguros y servicios funerarios)

La toma de decisiones es muy diferente en los diversos tipos de organizaciones, ya que este proceso de la gestión gerencial depende de la antigüedad de la organización y de los individuos interactuantes en ella (Mintzberg, 1993).
Encontrándose en las organizaciones solidarias, que el cuerpo directivo de manera permanente toma decisiones frente a situaciones simples, y en ocasiones también ante asuntos trascendentales; en donde el curso de acción elegido en cada caso depende de factores psicológicos, la experiencia, y la información disponible.

En otros términos, se plantea que la toma de decisiones es un proceso de identificación y selección de la acción adecuada para la solución de una alternativa específica a través de la decisión, entendida esta, como el porqué y como el proceso de toma de decisiones constituye en conjunto a través del conocimiento un activo para las personas que participan en la organización cuando se enfrentan a un problema, buscando un curso alterno especifico de opciones entre un conjunto de posibles cursos de acción disponibles y que en la mayoría de los casos existen factores de incertidumbre y así no se puede estar seguros de los efectos o consecuencias finales de la decisión elegida.

1.1.1 Justificación Práctica

Desde la óptica anterior y atendiendo a la importancia de este estudio, con mi trabajo de investigación propongo un modelo basado en la decisión multicriterio, para que en la toma acertada de las decisiones en una organización de la economía social, como bien puede ser un Fondo de Empleados o una Cooperativa de Trabajo Asociado, este sea aplicable y tenga un alto grado de aceptación en los estamentos directivos, en donde la toma de decisiones podría orientarse en dos direcciones diferentes; una que consista en la elaboración de una serie de constructos teóricos y articulaciones lógicas, que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales como lo son los asociados que participan en las instancias directivas y, la otra dirección que defina la racionalidad de estos agentes económicos con base en una serie de supuestos justificables intuitivamente.

Los resultados que surjan de esta investigación podrán ser útiles para que este tipo de organizaciones sean más coopetitivas en el entorno empresarial de la ciudad, colocándolas como modelos de crecimiento social y generadoras de unos altos indicadores de balance social.

1.1.2 Justificación Académica

Los beneficios que este estudio puede proporcionar se reflejan en el ámbito académico, hacia el interior de la universidad específicamente para la Facultad de Ciencias y Administración al develar la plataforma teoría-praxis desde donde se conciban modelos que sirvan como herramienta para afianzar las decisiones, que se toman en el nivel directivo de las organizaciones del sector de la economía social dentro del proceso de toma de decisiones.

1.1.3 Justificación para la Maestría en Administración y la Universidad Nacional

Reviste gran importancia el desarrollo de esta investigación concebida en relación con que el interés de esta, que es aportar algo nuevo al conocimiento en el proceso de la toma de decisiones, ya que es posible contar con la participación e interacción en este campo, con expertos en el ámbito de la toma de decisiones y del conocimiento matemático. Ya que cuando un trabajo intradisciplinario e interdisciplinario ha alcanzado un cierto nivel de madurez, se hace pertinente y necesario el planteamiento de reflexiones tendientes a aclarar y a definir un mínimo de exigencias metodológicas que garanticen el rigor de la investigación y estas permitan juzgar la integralidad de los conocimientos de allí devenidos y en que forma puede ser adecuada su aplicación. (López, 1998).

1.1.4 Justificación desde el punto de vista personal del investigador

Además de cumplir con el requisito para optar al grado de Magíster en Administración, esta investigación adquiere gran importancia para el investigador, por abordar con este trabajo un tema apasionante desde el punto de vista personal, con el que pretende llevar a feliz término la realización de un modelo matemático fundamentado en el análisis multicriterio continuo, que puede llegar a ser uno de los instrumentos más pujante en el desarrollo actual de la gestión empresarial, puesto que es un tema algo novedoso en el campo de la toma de decisiones.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Espacial

Comprendida por la población de Cooperativas de Trabajo Asociado y Fondos de Empleados, ubicadas en la ciudad de Manizales, en el Departamento de Caldas.

1.2.2 Tamaño

Son motivo de estudio exclusivamente las formas asociativas pertenecientes al sector de la economía solidaria, registradas como Cooperativas de Trabajo Asociado y Fondos de Empleados.

1.2.3 Temporal

La investigación se lleva cabo entre los meses de Septiembre de 2004 a Julio de 2006, considerando por lo tanto las Cooperativas de Trabajo Asociado, registradas en el Ministerio de la Protección Social Dirección Territorial de Caldas y los Fondos de Empleados, registrados en la Asociación Nacional de Fondos de Empleados Regional Caldas.

1.2.4 Condiciones de Funcionamiento

Son tenidas en cuenta dentro de la población las organizaciones que se encuentren en funcionamiento a la fecha de aplicación de las encuestas.

1.2.5 Tipo de Empresas

Son motivo de la investigación solamente aquellas empresas pertenecientes al sector de la economía solidaria.

1.2.6 Empresas que componen el Marco Muestral

Las 25 empresas motivo de aplicación de la encuesta, se relacionan en el Anexo N° 1.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA

La economía social se torna en un núcleo problematizador del pensamiento social y la gestión solidaria, para que en torno a esto los conocimientos afines se integren; como la administración en su vertiente de orientación a la praxis gerencial, la contabilidad con su objeto de estudio el control financiero y social, la economía con su objeto de estudio, los recursos escasos y todas aquellas disciplinas que consideren aportan a la construcción del pensamiento social y de acciones económicas mutualistas y solidarias que se pueden representar en un sistema socioeconómico que le brinden a nuestra ciudad una salida que ayude a construir la sociedad civil del nuevo milenio.

Partiendo de referentes como lo son los principios, fines, características de la economía solidaria y valores que son aplicados a las empresas solidarias, según lo define la Ley 454 de 1998, Marco conceptual y normativo del Cooperativismo en el país; se encuentran algunos aspectos que hacen que organizaciones como los Fondos de Empleados y Cooperativas de Trabajo Asociado, sean más coopetitivas en el entorno económico y social donde estas se interrelacionan e interactúan tienen que ver con la praxis gerencial, en especial la gestión soportada en procesos de toma de decisiones. Estos aspectos son:

1. PRINCIPIOS

- Administración democrática, participativa, autogestionaria y emprendedora.
- Participación económica de los asociados en justicia y equidad.
- Promoción de la autonomía, autodeterminación y autogobierno.
- Integración social con servicio a la comunidad.

2. FINES

- Participación en el diseño y ejecución de planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social.
- Participación de los asociados en la gestión y distribución equitativa de beneficios sin discriminación alguna.

3. CARACTERÍSTICAS

- Organización empresarial que contempla en su objeto social, el ejercicio de una actividad socioeconómica, tendiente a satisfacer necesidades de sus asociados y el desarrollo de obras de servicio comunitario.
- Destinación de excedentes a la prestación de servicios de carácter social, al crecimiento de fondos sociales y a reintegrar a los asociados parte de los mismos en proporción al uso de los servicios que como objeto social tiene la organización.

4. VALORES

- Promoción de la eficacia empresarial.
- Participación en la responsabilidad social.
- La confianza.

Considero entonces importante que la clave de éxito de estas organizaciones, está fundamentada en el logro de estos aspectos, soportada en un óptimo proceso de toma de decisiones, ya que existe de parte del investigador un interés considerable en el desarrollo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones para estas. Tal herramienta puede ser usada a solicitud del usuario, entendido el usuario como la organización solidaria, para tomar decisiones las cuales son comunicadas a otro usuario, o simplemente ayudar a un usuario en el proceso de formular y resolver un problema de decisión particular. (Bello y Gaitán, 1995).

No se puede ser ajeno a que el entorno solidario de la región ha adquirido dinámicas de cambio trascendentales y el sector sé encuentra en procesos de transformación, dado que las condiciones de tipo económico, político, social y cultural donde las Organizaciones solidarias interactúan no han permanecido estáticas. En torno a ello surge la pregunta ¿Cómo pueden los Fondos de Empleados y las Cooperativas de Trabajo Asociado que están inmersas como organizaciones de la economía social ser más coopetitivas e interactuar en un contexto económico y social tan cambiante como el que se ha venido presentando?

No cabe duda que para ello debe existir una praxis gerencial que tiene como elemento principal la gestión soportada en la toma de decisiones bajo el consenso y en forma intuitiva y, muy poco soportada en una teoría o modelo (creo más en la primera) que individualmente y no en forma articulada como lo profesa la ideología solidaria, presenta como resultado decisiones de tipo particular que priman sobre los intereses del conglomerado, ya que en este tipo de organizaciones quienes

participan en instancias directivas por lo general; siempre son los mismos asociados que bajo las denominaciones de reelección o suplencias numéricas llegan de nuevo a ostentar la toma de decisiones en el ápice estratégico organizacional, ante la falta de preparación de nuevos líderes gerenciales solidarios, el desconocimiento por parte del asociado de a cual tipología de organización pertenece, o lo más crítico, la falta de compromiso o pertenencia para con su organización, de la cual son gestores o asociados activos.

Bajo este panorama en las organizaciones referidas como parte de la economía social, para que sean más coopetitivas en el entorno local, es lo que me conduce como investigador e inquieta a presentar como trabajo de investigación; la propuesta de un modelo matemático basado en el análisis multicriterio para la toma de decisiones.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Proponer un esquema matemático fundamentado en el análisis multicriterio continuo, con el propósito de que la toma de decisiones en las instancias de administración y de control social y económico, de Fondos de Empleados y Cooperativas de Trabajo Asociado, apoye los niveles de gestión de estas organizaciones haciendólas más coopetitivas en el entorno.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Presentar un sistema de ayuda a la gestión gerencial en la toma de decisiones, como herramienta soportada en un modelo y metodología de concepción matemática.

2. Traducir el problema de toma de decisiones al lenguaje matemático para poderlo operacionalizar y comparar así los resultados de ésta en diferentes escenarios o situaciones.

3. Formular para los Fondos de Empleados y Cooperativas de Trabajo Asociado un modelo matemático, cuya aplicación apoye la gestión en el proceso de la toma de decisiones haciéndolas más coopetitivas en el entorno que les rodea.

1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Después de la búsqueda de antecedentes relacionados con el tema de investigación, se encontró un volumen limitado de trabajos en este sentido. Estos trabajos han sido un gran fundamento para el desarrollo de esta investigación, por enfocar el tema del Análisis Multicriterio Continuo, desde la misma perspectiva del autor de ésta, al considerar que el proceso de la toma de decisiones se puede fundamentar en un modelo, estructurado en la decisión multicriterio continua.

Los desarrollos investigativos en los contextos mundial, nacional y local; en el campo de la decisión multicriterio continua, que son base del proceso de la toma de decisiones, permiten que se puedan conseguir los objetivos trazados en esta investigación. Estos aportes se presentan a continuación.

1.5.1 Aportes investigativos en el campo de la Decisión Multicriterio Continua, en el contexto mundial

1. Lotfi V, Stewart T.J., Zionts S.
"An Aspiration-level Interactive Model for multiple criteria decision making"
2. Lai Y J., Liu T-H. Hwang C.L.
"TOPSIS for MODM"
3. Benayou R., De Montgolfier J., Terny J., Larichev O.I.
"Linear programming with multiple objetive functions: Step method STEM"
4. Zionts S., Wallenius J.
"An interactive programming method for solving the multiple criteria problem"
5. Roy, Bernard.
"Problems and methods with multiple objetive functions"
6. Charnes A., Cooper W.
"Management Models and Industrial Applications of Linear Programming"
7. Karwan, Kokselan y Zionts.
"An improved interactive multicriteria integer programming algorithm"
8. Wierzbicki, A.
"The use of reference objetives in multiobjective optimization"
9. Carlos Romero (España)
"Programación por metas, enfoque en Decisión Multicriterio Continua"
10. Bello Pérez Rafael E. (Cuba)
"Aplicación de las técnicas de la inteligencia artificial en los sistemas de ayuda a la decisión"
11. Carlos Romero
"Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones"
12. Sergio Barba-Romero, Jean-Charles Pomerol
"Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica"

1.5.2 Aportes investigativos en el campo de la Decisión Multicriterio Continua, en el contexto nacional

13. Wannoni de T., Pilar
"Los Sistemas de información gerencial en la toma de decisiones"
14. Vargas Galán, Juan M.
"Desarrollo de un sistema de información en la administración: Enfoque a la toma de decisiones"
15. Gaitan Osorio, José
"Implementación de un sistema inteligente de ayuda a la toma de decisiones"
16. Smith Q., Ricardo y otros
"Decisiones con Múltiples Objetivos e Incertidumbre"

1.5.3 Aportes investigativos en el campo de la Decisión Multicriterio Continua, en el contexto regional

17. Cruz Ceron, José G.
"Aplicaciones en el campo de la Decisión Multicriterio"
18. Jiménez Lozano, Guillermo
"Decisión en el Análisis Multicriterio"

Ante este escenario, el soporte del cual se toman varios referentes en el desarrollo de la investigación, se enfoca en los trabajos de Carlos Romero, Barba-Romero y Pomerol, Guillermo Jiménez L.
Además se debe tener en cuenta el nacimiento del Análisis Multicriterio (1960) en la Haya, en el Congreso de Programación Matemática en su componente Discreto con Roy (Electre) y el Continuo con Charnes y Cooper. En el año de 1972 se realiza el Primer Congreso de Análisis Multicriterio, en el cual se consideran como

pioneros de este campo de la decisión a Keeny, Raiffa, Brans, Vinke, Saaty, Roubens, Zeleny, Zionts, Yu, Ignizio y Steuer; entre otros.

1.6 CRITERIOS METODOLÓGICOS

1.6.1 Tipo de Investigación

La investigación será Teórico-Práctica y documental, teniendo como Método general: el método deductivo y como Metodologías específicas; el estudio de casos, el análisis documental y la modelación.

La investigación en su primera etapa será de enfoque cualitativo, ya que se indagará y se recopilará información al interior de la organización y en sus instancias directivas de como se desarrollan y son los procesos de toma de decisión, en las diferentes situaciones a las que los agentes decisores se enfrentan. (Análisis de casos)

La segunda etapa tendrá, un enfoque cuantitativo puesto que abarcará el desarrollo, aplicación, implantación y simulación del comportamiento del modelo, en las organizaciones referidas para medir así el impacto del resultado de la investigación propuesta. (Simulación o modelación)

1.6.2 Teoría Fundada

El tipo de estudio para la investigación, se puede fundamentar en la exploración ya que su objetivo es familiarizar al investigador con un fenómeno poco estudiado en la academia local y novedoso por involucrar expertos del campo matemático en la gestión empresarial. Esta investigación puede servir como punto de partida para

estudios más profundos en el campo de la modelación matemática de la toma de decisiones.

1.6.3 Fuentes

Primarias: Fondos de Empleados y Cooperativas de Trabajo Asociado, registradas en la clasificación ESAL (Registro de entidades sin animo de lucro) de la Cámara de Comercio y reconocidas con personería jurídica por Dansocial, que tengan registrado su domicilio en la ciudad de Manizales además de estar operando en la actualidad.

Secundarias: Bibliográficas, hemerográficas y electrónicas.

1.6.4 Recolección de Información

1.6.4.1 Técnicas

A. Encuesta, entrevista estructurada, trabajo de campo, análisis de la información. Estas técnicas ayudan a identificar los siguientes aspectos:

1. ¿Cómo es el proceso de la toma de decisiones? ¿Qué variables se tienen en cuenta? ¿Cuáles son los impactos de la toma de decisiones en el entorno, en la organización, en la base social?
2. ¿Cómo implementar un modelo “robusto” (Ayuda de paquetes informáticos)

B. Consulta estructurada de la información secundaria y análisis de su contenido.

1.6.4.2 Fases

PRIMERA FASE: ANTEPROYECTO
Problema de investigación, socialización.

SEGUNDA FASE: FUNDAMENTACIÓN
Revisión bibliográfica, fundamentación teórica y referenciación.

TERCERA FASE: DISEÑO
Diseño estructural del modelo matemático, simulaciones, aplicaciones.

CUARTA FASE: INFORME FINAL
Documento final, socialización.

1.6.4.3 Resultados esperados

El resultado final de esta investigación pretende entregar un modelo matemático que puede soportarse en una herramienta informática, que se traduzca en una aplicación práctica en el campo de la gestión empresarial y que aporte elementos para la toma acertada de las decisiones en cualquier tipología de organización empresarial.

2. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1 EL RASTRO DE LA MODERNIDAD A LA POSTMODERNIDAD

Se debe tener en cuenta entonces que la premodernidad se soporta en los planteamientos filosóficos, la modernidad en la física y la postmodernidad o fundación de la ciencia moderna en el progreso del desarrollo de la cultura de occidente. La postmodernidad se presenta en forma clara como antimodernidad. (Giraldo y Viviescas, 1994).

La premodernidad se caracteriza en que el conocimiento y sus estructuras se fundamentan en dos aspectos, según lo expone Platón: primero, el conocimiento verdadero, en donde la búsqueda del conocimiento esta ligada a la verdad y segundo, en donde la realidad es una proyección o fantasía del mundo de las ideas. Surgen así con Aristóteles y Platón los principios de la cultura occidental, destacándose así la cultura logocéntrica, en donde el conocimiento es el centro de la cultura. Es decir, el logos es conocimiento siendo este racional y el saber como saber es sabiduría. En este estadio se privilegia el conocimiento racional, para el cual debe haber una consecuencia lógica causa-efecto.

¿Si el conocimiento no es goce, disfrute, que sentido tiene? El conocimiento debe permitirnos construir un mundo social. (Noguera, 2002). Se debe tener en cuenta que el conocimiento según Aristóteles, se puede dar en la forma en que el ser

humano percibe el mundo a través de la empiria o según Platón a través de la física y las matemáticas.

En el medioevo, la concepción logocéntrica llega a la modernidad lo que nos permite cuestionar si ¿son las lógicas las que crean el mundo? Considero que si, ya que el conocimiento es el descubrimiento de las lógicas y es así como en el siglo XX, hemos optado por creer que existe una lógica universal la cual nos lleva a conocer la verdad. La lógica maneja el concepto de proporción y la proporción en la ciencia se expresa por medio de la verdad.

Según Galileo en su explicación de la concepción de mundo define dos aspectos del cosmos; uno, en el cual el cosmos es teórico (theos =teología) y otro, en donde el mundo es realidad es decir, es la vida cotidiana en el cual siempre no se encuentra la verdad. El mundo teórico es el que no podemos ver, es el habitado por Dios y el mundo real es la lógica y la matemática. La relación entre teoría y teología está en el mundo moderno, el cual es un mundo matematizable. La naturaleza está escrita en lenguaje matemático, este es el lenguaje de la modernidad.

La postmodernidad es la crisis de la modernidad, representada en la alteridad como una nueva concepción de mundo ya que este mundo no tiene comportamientos lineales, porque el ser humano no está sujeto ya a leyes divinas ni a la naturaleza; empezándose así a entender la lógica de la complejidad, en donde el conocimiento científico y técnico hace parte de las racionalidades estratégicas. Llevando a que la ciencia moderna sea idealista, ya que es la acomodación de un mundo real y no fenomenológico.

2.1.1 Epistemología sistémica: El camino al pensamiento sistémico

Al hablar de pensamiento sistémico se tiende a relacionarlo no con Teoría de Sistemas sino con los sistemas computacionales, y más concretamente con la cibernética; aun cuando existe una evidente relación entre los dos conceptos, sus orígenes, desarrollos y posibilidades, no sería posible el desarrollo de la Teoría de Sistemas sin el de la cibernética. Para entender dicha teoría se requiere, entonces, comprender cómo a través del desarrollo de la filosofía, las matemáticas, la física y la biología se fueron posibilitando una serie de conocimientos cuya integración dio origen a esta nueva ciencia.

El concepto de sistema, puede ser tomado de la filosofía, de la astronomía o de cualquier campo científico. Pero sólo después de la aceptación de la teoría de la evolución en el área de la biología y de la teoría de la relatividad en el área físico-química, el concepto de sistema fue reelaborado por quienes formularon la Teoría General de los Sistemas y de la Cibernética Electrónica, como una categoría básica en el campo científico y de acción.

Podemos entonces definir el termino sistema como una aglutinación ordenada de elementos de cualquier tamaño, en estado inestable o mutable, pero que mantiene su nivel de organización en tanto se puede adaptar al medio interno o externo por la autorregulación (Capra, 1999). A partir de esta definición, todo el esfuerzo moderno se ha dedicado a investigar y perfeccionar el concepto de sistema en los siguientes tres aspectos:

1. Características de composición, propulsión y mutación de los sistemas.
2. El mecanismo de autorregulación en los sistemas naturales y en los sistemas creados en los procesos culturales de los seres humanos.
3. Reformulación y reintegración de los diversos campos del conocimiento y de la organización social tomando el concepto de sistema como hilo

ordenador y unificador.

En lo referente a la Teoría de Sistemas a lo largo de los años 40 hasta los 60 se desarrollaron una gran diversidad de aproximaciones que tenían un número de características en común en las diferentes ciencias y que permitieron el desarrollo de una Teoría General de Sistemas. Una de las primeras personas que identificó la nueva "ciencia" fue Norbert Weiner en su "Cibernética" quien estudiaba los sistemas y en especial los sistemas recursivos aplicando la noción central del feedback. En los años siguientes se desplegaron muchos otros "sistemas" teóricos, estos incluían: Teoría Clásica de Sistemas; Teoría Informática y Simulación; Teoría de Compartimentos; Teoría de Conjuntos; Teoría de Gráficas; Teoría de Redes; Teoría de Jerarquías; Teoría de Información; Teoría Matemática de Juegos. Bertalanffy, bajo el "paraguas" de una "Teoría General de Sistemas" comenzó con la ayuda de otros investigadores, tales como David Rapaport, a organizar un modelo comprensivo. (Velandia, 2003).

Con el desarrollo de estos nuevos conocimientos es de resaltar para el proceso de la toma de las decisiones el principio de incertidumbre. Lo que nosotros observamos no es la naturaleza misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de interrogación. Las relaciones se extienden en términos de probabilidades y quedan determinadas por la dinámica del sistema: Es el todo el que determina el comportamiento de las partes.

La unión de estos referentes crea la diversidad que da forma a la complejidad y al mismo tiempo a los impactos de una decisión y al comportamiento de los decisores en una organización. Así, nos preguntaremos, ¿Cómo la organización toma decisiones? ¿En qué herramientas se soporta para tomar las decisiones? ¿Cómo es que ella se auto organiza para ser coopetitiva?. La respuesta a estos interrogantes es lo pertinente en la presente investigación, la cual se abordará con profundidad y detalle para lograr un modelo unificado que explique el

comportamiento de la toma de decisiones y su complejidad. Se desarrollarán las estrategias para apoyar la gestión, proponiendo la aplicación de un modelo matemático fundamentado en el Análisis Multicriterio Continuo, definiendo cuales principios rigen el comportamiento de la naturaleza del proceso de la toma de decisiones y coadyuvando a que la gestión en las organizaciones solidarias las lleve a alcanzar sus objetivos sociales, dinamizando así el entorno en el cual interactúan.

2.1.2 Cambio de paradigma

La modernidad, es la "urdimbre" sobre la cual se va a tejer la escena de los nuevos paradigmas respecto a la antigüedad clásica. En términos concretos, paradigma lo podemos definir como un cambio de visión de mundo. Es decir, un modelo de cualquiera de las ciencias se convierte en visión de mundo cuando este permea los aspectos políticos, económicos, sociales, religiosos y culturales de una comunidad o cultura.

Para una comunidad, se presenta una nueva visión de mundo respecto a lo que hacen y piensan sus miembros, cuando se han ampliado las fronteras del hacer y el conocer, puesto que la imagen que se tiene referente a la ciencia y la tecnología es que estas privilegian el hacer y propenden por defender el progreso del conocimiento como un proceso acumulativo. (Ospina, 1989).

En este traslape de las ciencias como teorías racionales de la realidad, es interesante realizar un recorrido entre el pensar de los griegos y el mundo reduccionista de occidente. Para los primeros, la realidad no solamente es el resultado del accionar del ser humano sino también lo que surge de las interacciones de la naturaleza (poiesis versus phyisis). Para el mundo de occidente la realidad es el resultado de una operación, es decir, es producto de las

actuaciones del ser humano como lo que aparece en el mundo, conocida esta aparición como la causa (actio versus natura). La realidad se ve como procedencia de la causalidad.

Es Francis Bacón, quien inicia el proyecto moderno de una nueva visión de mundo (realidad), al refutar lo planteado en los textos de Aristóteles y las sagradas escrituras y esta visión se estructura aún más cuando Descartes junto a Galileo son los que establecen los fundamentos para la época moderna. El discurso de Descartes asegura que el ser humano debe apropiarse de la naturaleza que le rodea para así representarla. Pero este aseguramiento requiere previamente un cálculo en el sentido de contar con una cosa, tenerla en consideración y situarla en nuestra percepción de realidad, tal como cuando expresamos que el ser humano es calculador porque antes de actuar ya cuenta con circunstancias precisas o persigue efectos precisos de su accionar; por esto “calcular no es sólo operar con números, sino hacer entrar algo en nuestros planes”. (Ospina, 1989, p.5).

Comparada esta posición con Bacón, el cual plantea que la ciencia no debe ser el resultado de un registro, una clasificación y un ordenamiento de hechos de sentido común sino que debe ser un resumen, generalización y aplicación del saber aprehendido a través de la práctica. Descartes en un sentido opuesto plantea que la posibilidad de entender la teoría de la acción, es la conversión de la concepción teórica en la realidad. Esto es posible cuando el conocimiento de la realidad se ha transformado en investigación y es a través de la experimentación como cálculo posible de la realidad, lo que nos permite dar el paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, generándose así una serie de efectos en la relación del ser humano con su realidad. En donde la realidad es forzada a comportarse como una descripción proveniente de un modelo, mientras que lo atractivo surge como un criterio que valida dicho modelo cuando este se aproxima a la propia realidad.

Es Galileo en el siglo XVII quien introduce el criterio de la exactitud, el cual permite el uso de los números en la matemática. Hasta este momento, la máthesis o la mathémata originaria es la forma por la cual el ser humano aprende a conocer la realidad de las cosas, así que lo matemático es un observar previo de las cosas. Lo que nos permite aclarar que la realidad en la que interactúa el ser humano es matemáticas, no porque se esboce con números sino porque se pudo operar con números ya que la realidad misma es matemática.

2.1.3 Las matemáticas: Sus relaciones con la realidad

Es fundamental para Galileo filósofo de la técnica, comprender la realidad que gira en torno al ser humano, como la afinidad entre matemáticas y experimento, que relaciona entre sí “demostraciones necesarias” y “experiencias sensibles”. Para esta nueva forma de ver el mundo, no basta ya con conocer, sino que hay que percibir la realidad a través de una teoría matemática y por medio de la ayuda de instrumentos, realizar minuciosas observaciones (experimentaciones), en donde se determina que la finalidad de la técnica es la construcción de situaciones ideales para confirmar que las suposiciones se cumplen con toda exactitud. (Hernández, 1991). El experimento dirá si la necesidad racional del modelo coincide con el componente material de la realidad que se analiza.

Para Galileo la realidad no estaba fuera del cosmos, está en las interacciones del ser humano por intermedio de las formas matemáticas que son más bien un resultado de la aplicación técnica. Estas formas permiten que se simulen experiencias ideales que gracias a la técnica, pueden llevarse a cabo en un nivel mayor de aproximación de la realidad frente a lo pronosticado.

No se trata entonces, de desestimar la explicación matemática porque el modelo en la praxis no puede ser simulado con perfección ideal, sino el considerar la

diferencia entre la realidad y las condiciones ideales y poder así aminorar esas diferencias mejorando el modelo o tratando de incluir modificaciones en la praxis.
La unidad entre las matemáticas y la realidad no consiste sólo en la potencialidad de que aproximemos la descripción matemática a lo que queremos modelar sino, que se requiere también de aproximar la realidad a la matemática, generando una manifestación que puede ser descrita matemáticamente de la forma más aproximada posible. (Hernández, 1991, p.34).
Para algunos incrédulos puede que no sea posible que se demuestre en forma matemática y en la praxis la autenticidad de una hipótesis y esta no puede plantearse en contravia a la praxis, cuando esta praxis está supeditada a una demostración de componente racional. En conclusión, el quehacer de las matemáticas no solo consiste en tratar o demostrar su aplicabilidad, sino en convencer.

Por lo anterior, se puede plantear que las matemáticas aportan el elemento fundamental para comprender la realidad, siendo la praxis sin las matemáticas un juego, una exploración, en otros términos una prueba no científica. La ciencia matemática se cumple en la práctica, pero el cosmos en donde interactúan los diversos sistemas es visto como un exorbitante “laboratorio” y convertido en este gracias a la técnica.

Es decir el mundo que surge a través de la lente matemática de Galileo, es una realidad en donde los fenómenos que se dan en esta, solo se pueden comprender a través de las situaciones ideales. A la exigencia de Bacón cuando critica a los ídolos para los cuales no es claro como el ser humano entiende su realidad, a la exigencia de Descartes en su duda metódica, debe añadirse una nueva exigencia, la del conocimiento de las matemáticas y la de la praxis de estas orientada por la experiencia, nos confirma entonces que el cosmos esta según Galileo escrito en lenguaje matemático. (Hernández, 1991).

2.2 LA CONCEPCIÓN DE LA ECONOMÍA SOCIAL

La economía social, es una práctica social surgida desde el mismo momento histórico en el cual se estructura el proceso de hominizacion y de organización de las denominadas sociedades primitivas, identificando así a la comunidad como el centro de la sinergia social. Este proceso de orden social y económico tiene como propósito producir, distribuir y aprovechar la riqueza generada en el trabajo como factor de la economía.

Los rasgos de la sociedad primática avanzada en su proceso de evolución dan paso a la sociedad arcaica de los homo sapiens, la cual se caracteriza entre otros aspectos por una compleja integración social fundamentada en las relaciones triádicas de sus miembros macho-hembra-joven, creando una fuerte solidaridad del grupo para enfrentar amenazas y una jerarquía y desigualdad al interior de la organización social como tal. En este período se presenta una relación entre el hombre, la sociedad y la naturaleza; que genera una serie de hechos que reflejan como este hombre aprovecha y transforma su entorno (naturaleza) a fin de satisfacer sus necesidades.

En este proceso de aprovechar y transformar su entorno, surge la división natural del trabajo que es la forma más simple de la división del trabajo fundamentada en la cooperación. Este progreso en esta forma social, junto con la especialización coadyuvaron a una mejor estructura de la organización colectiva y a que las labores de sus miembros se basaran en la cooperación simple, que permitió al ser primitivo la realización en conjunto de actividades y conformar la primera organización de grupo; (partida de caza) en la cual un jefe coordinaba las actividades, era el representante y poseedor del gobierno del grupo. (Mejía, 2002).

Con el paso del aprovechamiento y transformación de la naturaleza por parte del hombre a fin de satisfacer sus necesidades, surgen nuevas relaciones sociales a partir de la familia como organización primitiva tales como las bandas, los clanes, las gentes, las fratrías, las tribus y el estado; que se rigen en sus interacciones e intrarelaciones por el principio de cooperación. Con él traslape a la ganadería y la agricultura se da la primera división social del trabajo y paralela a ella con el descubrimiento de la fundición de los metales surge el artesano, como segunda división social del trabajo, que no pierde su esencia de cooperación en la búsqueda de mercados, facilitando la aparición en este proceso de una tercera división social del trabajo; lo que finalmente lleva a que se desvirtué este proceso de asociación el cual finaliza con el desplazamiento del trabajo colectivo por el de trabajo individual, la propiedad social por la propiedad privada y el régimen gentilicio por la denominada sociedad de clases.

Visto así, la esencia de la economía social ha tenido una praxis cuya lógica se genera desde varias sinergias y proposiciones en lo conceptual, ideológico y teórico. Es la otra manera de hacer y ser en lo económico, proponiendo y haciendo varias experimentaciones centradas hacia los grupos que desde la defensa de la autogestión propendieron porque la acción mutualista y solidaria significara su camino hacia la libertad y el poder para la comunidad. (Díaz, 2000).

Planteamientos interesantes respecto a la economía social, fueron los realizados por los socialistas utópicos entre los que se destacan Saint Simón, quien centra su atención en las ciencias naturales ya que estas podrían utilizarse para alcanzar la felicidad humana y además critica la propiedad privada y sostiene que el remedio está en el colectivismo. Fourier, propone un nuevo esquema para organizar la sociedad sobre un nuevo principio de cooperación industrial: La asociación. Para ello propuso la organización de la sociedad en grupos que serían a la vez cooperativas de consumo y producción (falansterios), buscando con esto la

supresión del beneficio capitalista por la asociación de productores y consumidores. A Robert Owen se le asocian los movimientos sociales y los progresos reales alcanzados en Inglaterra en donde las tradeuniones se asociaron en una gran organización única que como medida de transición dio origen a las cooperativas de consumo y producción. (Mejía, 2002, p. 46-47).

Esta práctica de la economía se fundamenta en la acción solidaria insertada en todos los aspectos de la vida social, basada en el pensamiento social que se ha fundamentado en la solidaridad y la ayuda mutua como principios rectores de las relaciones sociales y de producción. Por esto la acción solidaria articula prácticas solidarias en acontecimientos que involucran lo político, lo social, lo económico y lo cultural en una simbiosis que puede ser transformadora si en ella se involucra la comunidad y al ser humano se le coloca en el centro de la dinámica social.

2.2.1 Modelo de la Economía Social en Colombia

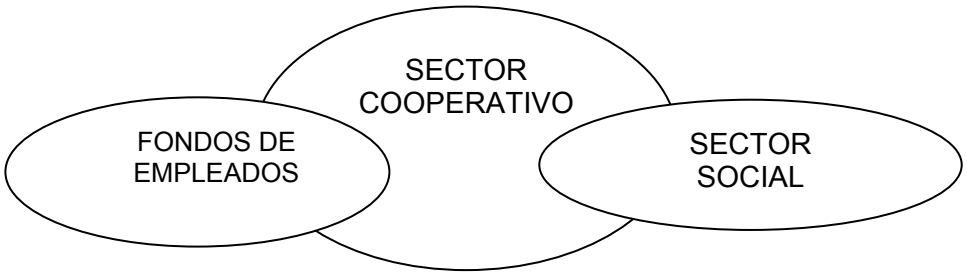
La aparición y consolidación de las organizaciones y su creciente tamaño y complejidad, van aparejadas con el desarrollo económico. En nuestra realidad actual y aún más hacia el futuro, las organizaciones pertenecientes al sector de la economía social tienen una vital importancia en el desarrollo económico y social de su entorno en donde interactúan, bien vale entonces la pena buscar su mejoramiento en el proceso de la toma de decisiones, para que sean más coopetitivas en su entorno empresarial solidario y social.

Estas organizaciones encierran el concepto de organización, son un ente social de creación humana (asociados) creadas intencionalmente, orientadas hacia el cumplimiento de un objeto social (según estatutos), mediante el trabajo humano y el aporte de recursos materiales. (Dávila, 1985).

Según la Ley 454 de 1998, define la Economía solidaria como: *Un sistema socioeconómico, cultural y ambiental, conformado por un conjunto de fuerzas sociales organizadas en formas asociativas identificadas por prácticas autogestionarias, solidarias, democráticas y humanísticas, sin animo de lucro, para el desarrollo integral del ser humano como sujeto, actor y fin de la economía.*

Dentro de este modelo, podemos clasificar la economía social en nuestro contexto según el siguiente gráfico.

Gráfico Nº 1. Estructura de la Economía Solidaria en Colombia



Para lo cual es de interés en la investigación, los Fondos de Empleados y las Cooperativas de Trabajo Asociado.

2.2.1.1 Fondos de Empleados

Son empresas asociativas de derecho privado, sin ánimo de lucro constituidas por trabajadores dependientes o subordinados de una empresa o grupos de empresas que desarrollan la misma actividad, quienes bajo la modalidad de ahorro, acceden a créditos para satisfacer sus necesidades y a su vez los excedentes son distribuidos en servicios como educación, recreación, vivienda, cultura y solidaridad entre otros.

2.2.1.2 Cooperativas de Trabajo Asociado (C.T.A.)

Son empresas asociativas de derecho privado, sin ánimo de lucro; por medio de las cuales las personas prestan sus servicios personales, técnicos y profesionales según el caso requeridos por otra compañía, por lo cual reciben una compensación, seguridad social, beneficios sociales y adicionalmente forman parte activa de la empresa como codueño o asociado.

Dada la tendencia mundial, de reducir cada vez más la participación directa de los estados en la economía para definir la satisfacción de las necesidades de la comunidad; es el hombre quién las debe satisfacer por él mismo; razón por la cual recurre a la concurrencia solidaria donde espera encontrar soluciones a sus necesidades básicas, asumiendo la esencia de su nuevo pensamiento y participando en la administración de su presente y disponiéndose a construir su futuro. Las anteriores circunstancias ameritan una atención especial al desarrollo, crecimiento y sostenibilidad de las organizaciones que conforman la naciente economía social, a la cual la solidaridad como filosofía brindó sus bases. (Díaz, 2000).

El hombre que actúa bajo formas asociativas es distinto del hombre económico, porque “el hombre económico” se manifiesta bajo el criterio individualista de maximizar su utilidad económica, en tanto que en el “hombre asociativo” su racionalidad económica va precedida de valores de cooperación, solidaridad y justicia con las demás personas que interactúan con él. Analizando así bajo este contexto el ser humano como “hombre asociativo” es un prototipo ideal del hombre, con una visión propia del mundo, que le permite actuar de manera ética a través de la asociación, que respeta al prójimo y la dignidad de todos y que permite el comportamiento del individuo como asociado y del grupo como forma asociativa. (Calvache, 2003).

En otros términos el modelo de economía social, en nuestro contexto colombiano, contribuye eficazmente al desarrollo económico y social, y a la generación de condiciones de bienestar de sus asociados, beneficiarios y la comunidad en general.

2.2.1.3 Coopetitividad

Por último la coopetitividad a la que hago referencia (Chica, 2002), proviene de la creciente competencia global y las mayores exigencias de los clientes que obligan a la organización a mejorar productividad, calidad, costos y eficiencia operacional; si no pueden solas con esta tarea, recurren a la solución de una alianza que les aseguren recursos adicionales y la posibilidad de recudir los riesgos.

Así nace la palabra "**COOPETENCIA"** un hábito que combina cooperación con competencia, en el lenguaje empresarial. Advertimos aquí un intento de apropiación mismo de la cultura solidaria en expresiones económicas que están centradas en las adquisiciones meramente de éxitos empresariales y económicos. La coopetitividad y el mejoramiento continuo son los ejes integradores de la cultura corporativa solidaria.

Entendemos por eje integrador a la fuerza socio-axiológica constituida por actitudes y valores que llevan a que se potencie y facilite el cumplimiento de la cultura solidaria. El eje integrador explicita supuestos teóricos y epistemológicos sobre la base del conocimiento aplicado al que hacer y a la construcción de los valores específicos.

Por esto la coopetitividad, desde su dinámica interna, puede ocasionar que las cosas sucedan. En el análisis hermenéutico advertimos que todos los principios y valores de la cultura solidaria se fortalecen y dinamizan. Además, "La mezcla de

visión y destreza" se implican en ella y la convierten en plataforma sobre la que se pueden montar lo que debe ocurrir en la cultura solidaria.

El eje integrador, como su nombre significa, organiza las estructuras, diagramas de desarrollo y los procesos. El eje integrador puede ser de dos tipos: Procedimental o conceptual. En nuestro caso en ambas dimensiones nos interesa: "Saber, como conocimiento" – "Saber hacer, como quehacer misionero".

Desde un análisis hermenéutico de la palabra podemos apreciar como la coopetitividad ejerce esa función de ser eje integrador y evidencia propulsora del quehacer solidario. Su estructura hermenéutica seria:

COOPE: Del Latín cooperar. Indica cooperar, unidos desde el quehacer. Autogestión desde la unidad en la diversidad, si lo analizamos como solidaridad (Ayuda + Enseñanza).

TITIVI: Partícula reiterativa que implica: Inquietud – creatividad – superación – dinamismo- competencia.

DAD: Terminación de apropiación valoral. Indica cualidad – apreciación y ser para los otros.

Podríamos describir la Coopetitividad como eje integrador de la cultura solidaria porque comprende los elementos centrales de la misma: Unidos – comprometidos (autogestionando), para crecer – superarse (mejoramiento continuo) y servir (cumplir la misión)

2.3 EL PROCESO DE LA TOMA DE DECISIONES

El proceso de la toma de decisiones, da importancia especial a las formas y a los métodos encaminados a asegurar una acción dinámica, en donde es de interés no sólo la elección que precede a toda acción, sino la determinación de lo que hay que hacer más bien que a la acción misma, en otros términos interesa el proceso de elección que lleva a la acción, en que la toma de decisiones se limita a la formulación de una política general, en donde la tarea de "decidir" se extiende a la organización administrativa en su totalidad lo mismo que la tarea de "hacer". Es el proceso de toma de decisiones el que dota a la organización de coherencia e identidad.

La gestión administrativa debe incluir en las tareas de decidir y hacer, principios de organización que aseguren una toma de decisiones correcta de igual manera que debe incluir principios que aseguren una acción efectiva. (Simon, 1964).

La toma de decisiones no puede entonces disociarse de los supuestos básicos sobre el modelo subyacente del comportamiento humano en el cual resulta interesante analizar la propuesta sobre racionalidad y comportamiento.

El paradigma de la elección racional, supone que el agente ha de elegir una alternativa entre un conjunto de varias alternativas tras un proceso de deliberación que incluye tres aspectos. Primero, la formación del escenario de decisión a partir de la delimitación del conjunto de alternativas factibles dadas ciertas restricciones iniciales, como segundo, la identificación y jerarquización de esas preferencias individuales y por último, la maximización de la decisión a partir de la selección de aquella alternativa que mejor se ajusta a las preferencias individuales.

De otro lado, el establecimiento de equivalencias entre las preferencias y las funciones de utilidad permite que se puedan plantear unos rasgos distintos para el agente tomador de decisiones en el espectro de la elección racional. Estos rasgos son:

1. El agente debe tener un conocimiento exacto del problema decisional al que se enfrenta.
2. El agente tiene jerárquicamente ordenadas sus preferencias sobre el conjunto completo de alternativas posibles.
3. El agente no tiene límites en sus capacidades de procesamiento de la información y cálculo.
4. El agente es indiferente a alternativas equivalentes.

De la observación del entorno y de la forma en que se toman las decisiones surge el concepto de racionalidad limitada la cual esta asociada al proceso de toma de decisiones en las organizaciones, en donde las decisiones que toman los agentes en la organización no se basan en los criterios de utilidad o valor esperado ni calculan la mejor acción posible, sino aquella que es suficientemente buena para resolver el problema planteado o conseguir los objetivos planteados, con lo que el criterio de maximización es sustituido por el principio de la satisfacción. (García, 2001, p. 40).

Este principio aplicado a la dinámica de las organizaciones supone que estas, al enfrentarse a problemas de decisión complejos, generan procedimientos que les permiten llegar a soluciones o respuestas lo suficientemente adaptadas a la naturaleza de los problemas a los que ellas están circunscritas.

Es importante señalar, que en el paradigma de la elección racional la información es la que determina las variaciones en las preferencias del agente decisor, en la racionalidad limitada estas variaciones reflejan barreras cognitivas que afectan el proceso de elección del agente incluso cuando este puede disponer de la

información necesaria. Dadas estas restricciones cognitivas los agentes desarrollan un conjunto de normas y procedimientos que les permiten tomar decisiones en un contexto racional, aunque modificado en función de las dificultades a las cuales se enfrentan.

La fórmula de toma de decisiones en la organización ha creado una nueva forma de pensamiento acerca de cómo operan realmente las organizaciones, aumentando nuestra comprensión del diseño organizacional. (Morgan, 1980, p.71).

Este diseño organizacional se identifica con los procesos de toma de decisión que Parsons divide en tres aspectos. Primero, las decisiones de "política" que contribuyen a la determinación de las acciones generales que es preciso tomar para llegar progresivamente al objetivo. Segundo, decisiones que conciernen a la distribución interna o "localización" de la disponibilidad de los recursos, así como a la distribución o difusión en el interior de la organización del poder que esta posee y por último, las decisiones que afectan el mantenimiento de la unidad sistémica que constituye la organización, siendo estas decisiones de "coordinación" las que se refieren a la eficiencia organizacional. (De Bruyne, 1974).

2.3.1 La toma de decisiones en las organizaciones pertenecientes a la economía social

¿Quién es el que toma realmente las decisiones en estas organizaciones? Pueden ser, la totalidad de los asociados que conforman la base social de estas organizaciones en la representación directiva denominada Asamblea General; o los asociados elegidos en las instancias directivas como las Juntas Directivas o los Consejos de Administración, o por que no quién desempeña el cargo de

representación legal de la organización. Tampoco podríamos desestimar de este proceso a los asociados que participan en las Juntas de Vigilancia (control social) o en los comités respectivos (servicios sociales orientados al cumplimiento del objeto social), o las personas que hacen parte del control económico.

Son muchos los individuos y las unidades directivas de estas organizaciones que contribuyen a toda gran decisión y el problema de la centralización y la descentralización, cuando el asociado hace uso de su derecho a voz y voto en la toma de decisiones, lo que se pretende con su participación a través de estos mecanismos es darle un orden a este complejo sistema organizacional en un esquema solidario eficaz.

Según la Corporación para el Desarrollo de la Comunidad y la Cooperación, en las organizaciones pertenecientes al sector de la economía social las decisiones que se toman en su interior comprenden dos aspectos. Primero, las decisiones programadas en donde el problema es repetitivo y rutinario y los procedimientos se realizan según los reglamentos, los patrones operativos, las políticas. Como segundo, las decisiones no programadas en donde el problema es complejo y novedoso y el procedimiento se fundamenta en la solución creativa de problemas. En este tipo de organizaciones por su estructura tan sui géneris, la toma de decisiones tiene fundamentaciones administrativas, éticas y técnicas.

Como resultado del ordenamiento administrativo, la toma de decisiones gira en torno a los siguientes componentes:

- *Planificación:* Comprende Plan de desarrollo, Proyecto socio educativo empresarial (PESEM)
- *Organización:* Precisa el tipo de relaciones, las atribuciones y los reglamentos como normas de acción y operación.
- *Como proceso de ejecución:* Puesta en marcha de lo decidido en las instancias directivas y los comités.

- *Como proceso de control:* Implica decidir respecto a los correctivos y los ajustes necesarios.
- *Como resultado de la motivación:* A través de los servicios prestados y de la participación como codueño.

Como segunda fundamentación la toma de decisiones en el componente ético, comprende:

- *Acatamiento de las reglas de juego:* El estatuto es la carta fundamental que guía a los asociados, de él deviene reglas de comportamiento y procedimiento.
- *Subordinación a intereses comunes:* La toma de decisiones siempre debe estar orientada hacia el cumplimiento del objeto social.
- *La participación:* En este tipo de organizaciones existen espacios diversos para la toma colectiva de decisiones.
- *El autocontrol:* Todos los asociados tienen el derecho y el deber de controlar el comportamiento institucional y las acciones, en procura de alcanzar el objetivo social.

Y por último, la toma de decisiones en estas organizaciones, como una técnica de concertación para las decisiones de grupo resulta de un proceso de participación y comunicación que involucran como formas más utilizadas para obtener una decisión las siguientes: Por autoridad, por compromiso, por negociación clientelista, por mayorías y por último por integración. Esta forma propende por una armonización de propósitos, ideas y actitudes con base en la conciencia de interdependencia y de subordinación al interés común.

Un aspecto de lo que podría ser un proceso de decisión paralelo al concepto de acción en estas organizaciones, para la toma de decisiones, el análisis y la solución de problemas se estructuraría en los siguientes componentes:

- Identificar problemas y su diagnóstico.
- Generación de alternativas de solución.

- Evaluación y solución de alternativas.

Las apreciaciones anteriores, en su esencia conforman el proceso de la toma de decisiones. Anexo a esto se debería implantar la solución y hacer el control y seguimiento respectivo. La totalidad de estos componentes nos daría el análisis y solución de problemas.

2.4 MODELO MATEMÁTICO EN LA TOMA DE DECISIONES

El producto más apabullante de la modernidad es la tecnología como resultado del diseño calculable de lo posible; la tecnología no es la "aplicación" de los descubrimientos científicos sino otra conversión de la mirada sobre lo real. (Ospina, 1989, p. 11).

Dentro del marco de acción de la toma de decisiones, además de la iniciativa, intuición, sentido común, sagacidad, experiencia y azar; se requiere poseer una disciplina de análisis y herramientas cuantitativas que orienten hacia decisiones acertadas. Este marco de acción es del dominio de la capacidad de análisis y del manejo de los modelos matemáticos como herramientas de gestión.

El hombre ha ideado infinidad de maneras de replicar la realidad mediante el uso de modelos de diferentes tipos, con el objeto de entender mejor la naturaleza de las cosas y guiar así sus actuaciones y decisiones en todos los campos. Siendo los modelos la representación en abstracto de las situaciones reales, construidas con símbolos, fórmulas y ecuaciones matemáticas.

En consecuencia, cualquier modelo que se formule tendrá que excluir algunos aspectos de la situación real. El determinar cuales aspectos deben ser

seleccionados para su construcción y cuales no, constituyen el fundamento más crítico del arte de la programación matemática en este campo de la modelación. (Daccarett, 1994).

De lo anterior se concluye, no es importante que tan sofisticado sea el modelo que se utilice, ya que se considera que éste será una aproximación a la situación real y definir un modelo perfecto es equivalente a duplicar la misma realidad. De esto se deriva que los modelos matemáticos, constituyen una herramienta de apoyo en la toma de decisiones y nunca podrán reemplazar al ser humano en su labor de gestión gerencial en las organizaciones.

Para que el modelo propuesto en la investigación, este acorde al diseño organizacional de lo que son los dos tipos de organizaciones referidas, se considera pertinente que debería enfocarse desde las siguientes acepciones:

1. Desde los modelos cuantitativos; donde se pretende optimizar los cursos de acción a través del cálculo (matemáticas)
2. Desde la solución de problemas; buscando la unicidad y multiplicidad de los recursos de acción por medio de la reflexión sobre los cursos de acción.
3. Desde el management científico; con énfasis en el acto o ejecución de la mejor opción o alternativa.

Algunos modelos matemáticos en su concepción elemental son de tipo “descriptivo”, ya que simplemente explican la relación entre elementos. Otros, son de tipo de “programación” que pueden fundamentarse en estructuras jerárquicas (matriciales) (Saaty, 1980), que además de describir una situación, se prescribe en ellos la maximización o minimización hacia una meta u objetivo deseable.

En el campo de modelos y técnicas multiatributos, en la toma de decisiones la teoría y el análisis de decisión se aplican a situaciones de decisión en organizaciones orientadas en su direccionamiento estratégico por metas, en

donde para el tomador de decisiones se propone que la organización obtenga las metas y objetivos propuestos. El considera las alternativas y criterios, que hacia donde conoce tienen influencia en el éxito que la organización espera frente a su entorno. Se consideran algunos modelos disponibles para que el agente tomador de decisiones pueda abordar un problema de decisión multicriterio, tales como: (Jiménez, 1999).

1. Modelos no compensatorios: Son los que no permiten intercambios entre los atributos; las comparaciones en este modelo se hacen en una estructura atributo por atributo y en forma general la caracterización multicriterio no es combinable en un solo criterio de utilidad. Algunos métodos del modelo compensatorio son los denominados: Dominación, satisfacción (conjuntivo-disyuntivo), lexicografía, maximín (minimáx) y maximáx.

2. Modelos compensatorios: Permiten intercambios entre los atributos; en donde un valor bajo en un atributo puede ser "compensado" o "intercambiado" por un valor alto de otro atributo. Las formas en que los valores de los atributos se compensan el uno al otro, en este modelo nos sirve para identificar algunos métodos tales como: El modelo de utilidad aditiva, modelos de utilidad configural, modelos de presentación espacial y modelos de programación matemática.

La propuesta de un modelo matemático soportado en el Análisis Multicriterio para el proceso de toma de decisiones, debe incluir no sólo el proceso de razonamiento, sino además los procesos que generan la representación subjetiva del problema de decisión, las preferencias del agente decisor y la elección final que éste realiza.

Con el planteamiento anterior, se considera que el modelo propuesto debe estructurarse como mínimo bajo las siguientes lógicas: (García, 2001).

1. Lógica basada en las consecuencias de las decisiones tomadas.

- Dadas las restricciones iniciales conocidas, ¿Qué alternativas son factibles?

- ¿Qué alternativa es deseable teniendo en cuenta las consecuencias de la elección?
- ¿Cuál de las alternativas deseables es la mejor de acuerdo con los resultados perseguidos y las restricciones judiciales?

2. Lógica basada en la toma de decisiones apropiadas.

- Reconocimiento de la situación.
- ¿Cuál es el papel o función del agente decisor o de la organización?
- ¿Qué hacen otros agentes en posiciones similares enfrentados a situaciones parecidas?

2.5 LOS PROCESOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

En la realidad económica, social, política que rodea a las organizaciones, se presentan en forma continua situaciones complejas en las que se ha de elegir entre varios cursos de acción posibles para obtener uno satisfactorio o seguir el óptimo. Para este proceso de toma de decisiones no basta la experticia, el sentido común o la intuición de los agentes expertos, ya que la realidad enseña que en el proceso intervienen múltiples criterios, participan varios decisores, interviene la incertidumbre y en la acción como tal se presentan varias etapas. (Ríos et. al., 1989).

El desarrollo actual de la teoría de los procesos de decisión, teoría esta que puede ser considerada como la columna básica de la Investigación Operativa, denominada también Análisis de Sistemas, es uno de los instrumentos más pujante en el desarrollo actual de la gestión empresarial.

La variabilidad de los problemas reales de decisión humana (toma de decisiones) en las organizaciones ha hecho necesario de la contribución en conjunto de matemáticos, estadísticos, ingenieros, psicólogos, economistas y administradores para la construcción de esquemas coherentes (modelos), cada vez más amplios, pero algunas veces insuficientes y a la espera de nuevos desarrollos, en beneficio del proceso de la Toma de Decisiones.

El enfoque de la Decisión Multicriterio abarca la realidad de las decisiones en las organizaciones, ya que considera en forma explícita criterios múltiples para abordar en forma correcta los problemas de decisión a través de la construcción, en forma sucesiva de síntesis de estos criterios en cuya realización se encuentra inmerso el problema central.

La nueva visión de mundo en el campo de la Teoría Decisional, esta representada en la Teoría de la Decisión Multicriterio (Análisis Multicriterio), la cual sustenta que los agentes económicos (organizaciones) no optimizan sus decisiones con base a un solo objetivo, sino que pretenden lograr un equilibrio entre el conjunto de objetivos en conflicto o en la medida de lo posible satisfacer una serie de metas que están asociadas a dichos objetivos. Es así, como hoy en día en otras latitudes la ciencia de la decisión va logrando modelos matemáticos más perfectos, para resolver en la organización situaciones reales ya sean individuales o colectivas (toma de decisiones) soportados en múltiples criterios, la incertidumbre y el riesgo, entre otros. (Romero, 1993).

La Teoría de las Decisiones Multicriterio comprende dos aspectos, ***la Decisión Multicriterio Discreta (DMD)***, la cual hace referencia ha que no hay más que un número finito de alternativas posibles (proyectos, inversiones, candidatos) y ***la Decisión Multicriterio Continua (DMC)*****,** para la cual existe un número infinito de alternativas posibles.

Las fases que comprende el proceso de Toma de Decisión Multicriterio, permiten que quien analiza el proceso participe en todas estas, quien actúa como agente o agentes decisores interviene en ellas para recopilar la información o validar las acciones y quien propone la aplicación de la Decisión Multicriterio estará implicado en las dos primeras etapas y en los resultados finales, en las recomendaciones y en el estudio de viabilidad. (Barba-Romero y Pomerol, 1997, p.360).

Estas fases son:

1. Exposición formal del problema.
2. Comprensión y aceptación del contexto de la decisión y del estudio. Acuerdo respecto a la problemática.
3. Generación de las alternativas. Modelización de los criterios.
4. Discusión y aceptación de los modelos. Evaluación de las alternativas, respecto a los criterios.
5. Matriz de decisión.
6. Selección de los métodos de agregación. Recopilación de datos de preferencias del decisor: pesos, niveles de satisfacción.
7. Aplicación del método y/o interactividad.
8. Recomendaciones y explicación de los resultados. Análisis de sensibilidad.

Por último, La importancia de esta investigación en el campo de la Decisión Multicriterio radica primero en que, quien realiza la investigación puede evaluar la viabilidad del trabajo e identificar bien los actores y el problema de decisión y como segundo, con la generación de las alternativas y la construcción de los criterios se estructura el modelo de Decisión Multicriterio el cual queda terminado al presentar el prototipo de la matriz de decisión (Jerarquías Analíticas). (Saaty, 1980).

Este primer componente orientado a desarrollar elementos conceptuales en los campos epistemológico, del pensamiento social, de la toma de decisiones y matemático; pretende una profundización teórica que debe generar un esquema

de recontextualización respecto al referente matemático como protagonista fundamental en procesos administrativos. Siendo la investigación que se realiza la que permeará el desarrollo y la aplicación del campo matemático en el área de la gestión gerencial, para poder cumplir con esta el propósito de generar procesos que coadyuven al fortalecimiento de la naciente economía solidaria en Manizales.

3. EL ANÁLISIS MULTICRITERIO

3.1 EL ANÁLISIS MULTICRITERIO

3.1.1 Introducción

Este componente esta orientado a desarrollar elementos conceptuales en el campo del Análisis Multicriterio, el cual tiene aplicación en las organizaciones empresariales de cualquier tipología. La Decisión Multicriterio (DM) o Análisis Multicriterio (AM), es una ayuda efectiva en la práctica de la toma de decisiones y de la gestión de las organizaciones, para lo cual es preciso aclarar los aspectos fundamentales ya que constituye una forma de modelizar los procesos de decisión, en los que entran en juego: una decisión a ser tomada, los eventos desconocidos que pueden afectar el o los resultados, los posibles cursos de acción, y el o los resultados mismos. Mediante los modelos multicriterio el decisor podrá estimar las posibles implicaciones que puede tomar cada curso de acción, de modo que se pueda obtener una mejor comprensión de las vinculaciones entre sus acciones y sus objetivos.

Los elementos que son objeto de estudio por el Análisis Multicriterio son de tipo amplio los cuales hacen referencia a la elección entre un número finito de alternativas posibles; como son los proyectos, las políticas, los cursos de acción, las inversiones o la elección de candidatos, entre otras.

A pesar de existir una importante literatura científica sobre la Decisión Multicriterio, las herramientas, los métodos y hasta la propia reflexión multicriterio, permanecen casi totalmente desconocidos para los técnicos y los directivos de todos los niveles que hacen parte de las organizaciones o interactúan en ellas. Se consideran que las causas son de tipo cultural, ya que la cultura científica continua privilegiando la noción de "la mejor decisión" y el concepto de "óptimo" aspectos que no existen en el Análisis Multicriterio, ni en la mayoría de las situaciones reales de la decisión, los cuales deben tenerse en cuenta casi en forma general en la academia y en la formación de los profesionales y directivos que orientarán en el futuro las organizaciones.

Lo expuesto anteriormente conlleva a que en las empresas y las organizaciones se continúe llevando a cabo el proceso de decisiones fundamentado en la optimización (Paradigma de la Teoría de la Optimización), lo que hace que se limite en muchas ocasiones el análisis de una optimización cualquiera, la cual se sabe perfectamente que no es mas que un pálido reflejo de la complejidad de lo real. No es posible ignorar que cada decisión real, consiste de hecho en un compromiso sobre diversas soluciones, cada una con sus ventajas e inconvenientes; dependiendo de la posición que se adopte. Cada vez será más difícil en las organizaciones en cuanto al proceso de la toma de decisiones, no tener en consideración los diferentes puntos de vista, las motivaciones o los fines de los decisores.

Los tiempos de la función monoobjetivo o unicriterio, están finalizando en este mundo tan cambiante; ahora es preciso tener en cuenta los deseos de los diferentes actores y la pluralidad de sus intenciones en la toma de las decisiones, por lo que se hace entonces necesario contar con un mínimo de conocimientos en cuanto hace referencia al Análisis Multicriterio, aspecto que es conocido en el campo de la decisión como, *Modelización Multicriterio de las Decisiones o Ayuda Multicriterio a la Decisión*. Una aproximación inicial a lo que es el Análisis

Multicriterio o la Decisión Multicriterio, se puede observar a través del siguiente modelo de decisión:

Max Z, Min W (Criterios que entran en conflicto)

$$Max\ Z = X_1$$

$$Min\ W = X_2$$

$$Maximizar\ (X_1, X_2) = X_1 - X_2$$

$$Minimizar\ (X_1, X_2) = -X_1 + X_2$$

Cuando los deseos entran en conflicto, la decisión resultará un compromiso, en este modelo simple la expresión "decisión multicriterio" no es muy acertada puesto que la decisión, no es unicriterio ni multicriterio, sino elección; es decir acción y casi siempre intención. Lo que es multicriterio es el modelo de ayuda a la decisión. (Roy, 1971). Lo que permite hoy en día, que el Análisis Multicriterio sea considerado como un campo de actividad, en el que la aplicabilidad práctica y las herramientas informáticas son dominantes.

Aplicaciones en el campo de los modelos multicriterios pueden ser analizadas a través de los p modelos diferentes:

- P modelos diferentes (Bienes) = B_1, B_2, ….., B_n, Criterios en conflicto: Precio y calidad.
- P modelos diferentes (Proyectos) = P_1, P_2, ….., P_n, Criterios en conflicto: Rentabilidad, impacto social, impacto en el ambiente.
- Construcción de una vía. Criterios en conflicto: Menor costo, más flujo vehicular, menos impacto en el ambiente.
- Inversión fundamentada en el ahorro, puede estar destinada al préstamo personal, la compra de acciones, adquisición de CDT. Criterios en conflicto: Riesgo, rentabilidad.

Analizando estos modelos propuestos, se puede plantear que toda decisión tiene consecuencia en el futuro, ya que el decisor se ve confrontado con una elección en presencia de múltiples criterios.

En una primera aproximación, se puede argumentar que la Decisión Multicriterio (DM), es: *aquella acción en la cual el decisor, tiene la disposición de escoger varias posibilidades o alternativas; que conforman su conjunto de elección y del cual, él puede escoger de acuerdo a sus diversos puntos de vista o criterios que percibe en conflicto, el que mejor satisfaga su intención de decisión.*

3.1.2 Conceptos en el Análisis Multicriterio

En el desarrollo de la aplicación de un modelo fundamentado en el Análisis Multicriterio, se hace necesario identificar los elementos que le dan la dinámica a dicho patrón para el proceso de la toma de decisiones. (Barba-Romero et. al., 1997).

En un orden consecuente estos elementos, son los que a continuación se describen:

a) Decisor: Persona o grupo de individuos enfrentados a una decisión, que asumen el rol de ser los encargados de analizar la decisión.
b) Toma de decisiones: Proceso a lo largo del tiempo, en el que se identifican las siguientes fases; recoger la información, el diseño, la selección y la revisión. En conjunto conforman la reflexión del decisor.

Recoger la información: Obtención de datos respecto a los criterios y alternativas del problema.

Diseño: Determinación precisa de los criterios y sus escalas de medida, para la construcción completa del conjunto de elección, que conforma el agregado de alternativas con sus respectivas evaluaciones para cada criterio.

Selección: Procedimiento de elegir finalmente una de las alternativas.

Revisión: Seguimiento de como fue desarrollado el proceso.

c) Analista: Es quien modeliza la situación concerniente al objeto de estudio y hace recomendaciones relativas a la selección final. Para el cumplimiento de su función, se apoya en una herramienta informática que interviene como un modelo predefinido siendo soporte para la formalización, la memorización y la reflexión.

d) Conjunto de elección: Conjunto de alternativas que debe elegir el decisor, con las características de ser diferentes, excluyentes y exhaustivas.

$$A_i = \{A_1, A_2, \ldots\ldots, A_m\} \quad i = 1\ldots\ldots m$$

En donde el decisor no puede escoger una solución mixta, es decir, intermedia entre dos alternativas A_i y A_k; ni tampoco escoger una alternativa que no pertenece al conjunto de elección.

Si se introduce una nueva alternativa, se hace necesario empezar el proceso de la toma de decisiones con un nuevo conjunto de elección.

e) Atributos: Son las características o cualidades que poseen las respectivas alternativas, como pueden ser: precio, calidad, estética, solidez entre otras.

f) Criterios: Son las preferencias que el decisor tiene hacia un cierto atributo.

$$C_n;\ i = 1\ldots\ldots n$$

Los criterios deben estar en el mismo plano de igualdad, es decir; serán criterios cuantitativos, cuando estén en una escala numérica o cualitativos, cuando no existe unidad canónica de medida.

g) Matriz de Decisión: El decisor es capaz de asignar un valor numérico o simbólico (A_{ij}), cuantitativo o cualitativo para cada atributo considerado (j) y para cada alternativa del conjunto de elección (A_i). La siguiente situación refleja la matriz de decisión en el Análisis Multicriterio:

Tabla Nº 1. Matriz de decisión en el Análisis Multicriterio

		Criterios					
		C_1	C_2	….	C_j	….	C_n
Alternativas	A_1	a_{11}	a_{12}	….	A_{1j}	….	a_{1n}
	A_2	a_{21}	a_{22}	….	A_{2j}	….	a_{2n}
	….	….	….	….	….	….	….
	A_i	a_{i1}	a_{i2}	….	a_{ij}	….	a_{in}
	….	….	….	….	….	….	….
	A_m	a_{m1}	a_{m2}	….	a_{mj}	….	a_{mn}

De esta matriz se puede analizar lo siguiente; primero a_{in}, relaciona las cualidades de la alternativa i respecto a los n atributos o criterios considerados por el decisor y segundo a_{mj}, corresponde a las evaluaciones hechas por el decisor bajo un preorden de todas las alternativas con respecto al atributo o criterio j.

3.1.3 Preferencias del decisor, relaciones de orden y función de utilidad

En el Análisis Multicriterio, el decisor debe considerar entre alternativas A_i y A_m de su respectivo conjunto de elección, llegándose a presentar las siguientes condiciones:

1. A_i P A_m ($A_i > A_m$) o A_m P A_i ($A_m > A_i$): El decisor prefiere estrictamente a A_i que a A_m o A_m que a A_i cuando su elección se efectúa sin ninguna duda sobre la alternativa A_i o A_m.
2. A_i I A_m ($A_i \cong A_m$) o A_m I A_i ($A_m \cong A_i$): Para el decisor es indiferente entre la alternativa A_i o A_m igualmente de manera recíproca, cuando el acepta indistintamente una alternativa frente a la otra.

3. A_i Q A_m ($A_i \geq A_m$) o A_m Q A_i ($A_m \geq A_i$): El decisor no sabe si prefiere estrictamente a A_i sobre A_m o A_m sobre a A_i, o si su decisión es indiferente entre las alternativas.
4. A_i NC A_m: No ($A_i \geq A_m$) o A_m NC A_i: No ($A_m \geq A_i$): El decisor es incapaz de escoger entre las alternativas, es decir, rechaza escoger entre las alternativas ya que estas no son comparables.

Las condiciones; >, $\cong$, $\geq$, NC, representan *relaciones de orden* ya que relacionan alternativas del conjunto de elección del decisor.

La *función de utilidad,* expresa las preferencias psicológicas reales del decisor respecto a las m alternativas; en donde la función de utilidad ordinal, no indica más que un orden para quien va a tomar la decisión mientras que la función de utilidad cardinal, permite comparar las diferencias en las preferencias del decisor, es decir; respeta las diferencias entre las alternativas además del orden, lo que es conocido en la Decisión Multicriterio como la función de utilidad intervalo. También es importante considerar la función de utilidad ratio, la cual incluya el valor cero para hacer las respectivas comparaciones.

La Decisión Multicriterio, permite al decisor develar progresivamente sus propias preferencias respecto a las m alternativas, ya que es un proceso de decisión con varios actores y aún cuando tales actores no tengan intereses antagonistas, tendrán al menos sensibilidades diferentes que se traducirán en evaluaciones o criterios de elección diferente, fundamentados en los argumentos de unos y otros, tales como las comparaciones de las utilidades a lo que se puede agregar que el Análisis Multicriterio aporta una metodología y unas herramientas muy interesantes en el campo de las decisiones. (Barba-Romero et. al., 1997).

Los métodos multicriterio requieren de una matriz de decisión de tipo numérico, ya que la transformación del preorden del decisor en una escala numérica supone la construcción de una función de utilidad. Las m alternativas ya se

conocen con certeza y el decisor está de acuerdo en evaluarlas según una escala numérica preestablecida, obteniéndose así una función de utilidad del decisor relativa al criterio o atributo considerado.

3.2 MÉTODOS EN EL ANÁLISIS MULTICRITERIO

Los métodos en el Análisis Multicriterio o Decisión Multicriterio, se fundamentan en los aspectos de la dominación y la satisfacción, para así construir los respectivos modelos. A continuación se presentan diferentes aspectos con relación a los métodos que se pueden tener en cuenta en la Decisión Multicriterio para el desarrollo de modelos en este campo de la decisión.

3.2.1 Óptimo de Pareto

Este método, hace referencia a que para él decisor poder ganar en un criterio o atributo, se hace para él preciso aceptar que perderá en algún otro criterio o atributo. Por lo anterior, se plantea que una alternativa es eficiente u óptima en el sentido de Pareto, cuando ésta es una alternativa que en el proceso de la decisión no está dominada estrictamente.

La aplicación de este método, puede ser analizada a través del siguiente proceso que se lleva a cabo en la respectiva Matriz de Decisión:

1. Se observa si existe una alternativa dominante, de serlo así esta será la mejor elección.
2. Las alternativas no dominadas, constituyen los óptimos de Pareto o alternativas eficientes.

3. Se eliminan las alternativas dominadas. Para esto se define un umbral de satisfacción (U_j) por parte del decisor, eliminándose las alternativas que están debajo de este umbral; por defecto el resto de criterios tendrán el nivel más bajo - nivel de satisfacción - Este procedimiento en el campo de la decisión multicriterio es conocido como Preanálisis de Dominación, ya que en él se identifican las alternativas dominadas por parte del decisor, para ser eliminadas de la matriz de decisión.

Para comprender lo anterior, presentaremos una situación en la toma de decisiones que bajo este método, puede ser aplicado por el Consejo de Administración de una Cooperativa de Trabajo Asociado, respecto a la elección de un trabajador asociado que prestará sus servicios a una entidad. Se debe tener en cuenta que esta función es inherente a esta instancia directiva según lo estipulado en la respectiva carta orgánica o estatutos de la mencionada forma empresarial solidaria.

La respectiva aplicación hace referencia a que el Consejo de Administración recibe la solicitud de los siguientes candidatos, los cuales constituyen las alternativas A_i, i = 1, 2, 3, ….,9; las cuales nombraremos como candidato i. La mencionada instancia directiva decide considerar los siguientes criterios de elección C_n, n = 1,2, ….5; de los cuales los tres primeros se consideran de tipología cuantitativa y los restantes de connotación cualitativa, para los cuales los responsables de la decisión expresan su preorden total por medio de puntuaciones o calificaciones comprendidas entre 0 y 10, de peor a mejor.

C_1 = Estudios superiores, expresados en años.
C_2 = Experiencia profesional, expresada en años.
C_3 = Edad.
C_4 = Resultado de la entrevista, puntaje entre 0 y 10.
C_5 = Prueba sicotécnica, puntaje entre 0 y 10.

Se debe tener en cuenta que todos los criterios son a maximizar, excepto el criterio edad.

Para esta situación, la instancia directiva debe proceder primero a construir la respectiva Matriz de Decisión con la cual aplicará el procedimiento del método referido con anterioridad:

Tabla Nº 2. Matriz de Decisión. Método óptimo de Pareto

		Criterios				
		C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Alternativas	*Candidato 1*	6	5	28	5	5
	Candidato 2	4	2	25	10	9
	Candidato 3	7	7	38	5	10
	Candidato 4	5	7	35	9	6
	Candidato 5	6	1	27	6	7
	Candidato 6	5	7	31	7	8
	Candidato 7	6	8	30	7	9
	Candidato 8	5	6	26	4	8
	Candidato 9	3	8	34	8	7

Como segundo, observaran en la Matriz de Decisión si existe una alternativa dominante, la cual es la alternativa Ai que domina a todas las demás; en caso de existir, es la mejor elección.

Tabla Nº 3. Matriz de Decisión. Análisis de dominación

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	*Análisis Dominación*
Candidato 1	6	5	28	5	5	OPTIMO
Candidato 2	4	2	25	10	9	OPTIMO
Candidato 3	7	7	38	5	10	OPTIMO
Candidato 4	5	7	35	9	6	OPTIMO
Candidato 5	6	1	27	6	7	OPTIMO
Candidato 6	5	7	31	7	8	DOMINADA
Candidato 7	6	8	30	7	9	OPTIMO
Candidato 8	5	6	26	4	8	OPTIMO
Candidato 9	3	8	34	8	7	OPTIMO

Para el Consejo de Administración, el candidato 6 es peor o igual que el candidato 7 en los criterios C_n, expresándose que el candidato 7 domina al 6, ninguna otra alternativa A_i esta dominada por lo cual se consideran óptimos de Pareto o alternativas eficientes. Lo que eliminaría la alternativa A_6 o al candidato 6.

Como tercero, deben hacer uso de la noción de nivel de satisfacción bajo la forma de un umbral o nivel de satisfacción U_j para cada criterio a maximizar, la noción se adapta inmediatamente en caso de minimización. (Kepner et. al., 1981).

El Consejo de Administración decide para este proceso de elección, que el candidato debe haber cursado al menos cuatro años de estudios superiores y no tener mas de 35 años (U_j). Para los otros criterios C_n, no es necesario fijar un umbral U_j, puesto que se asume que será el nivel mas bajo en el respectivo criterio. Esto puede observarse en la siguiente estructura matricial:

Tabla Nº 4. Matriz de Decisión. Análisis de satisfacción

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	*Análisis Satisfacción*
Candidato 1	6	5	28	5	5	SATISFACTORIA
Candidato 2	4	2	25	10	9	SATISFACTORIA
Candidato 3	7	7	38	5	10	NO SATISFACE
Candidato 4	5	7	35	9	6	SATISFACTORIA
Candidato 5	6	1	27	6	7	SATISFACTORIA
Candidato 6	5	7	31	7	8	DOMINADA
Candidato 7	6	8	30	7	9	SATISFACTORIA
Candidato 8	5	6	26	4	8	SATISFACTORIA
Candidato 9	3	8	34	8	7	NO SATISFACE
U_j	4 INF	1 INF	35 SUP	4 INF	5 INF	

El (U_j) para la decisión es en efecto = (4, 1, 35, 4, 5); el cual no es alcanzado por los candidatos 3 y 9, siendo A_3 y A_9 las dos alternativas eventualmente eliminadas para la decisión final y el resto de las alternativas son satisfactorias para el decisor. Puede así observarse que los aspectos de análisis de dominación y satisfacción son independientes y complementarios, ya que las alternativas eliminadas para la decisión no coinciden en ambos aspectos.

3.2.2 Métodos de información progresiva

Si las exigencias del decisor en cuanto hace referencia a los aspectos de la dominación y la satisfacción, adquieren un nivel de firmeza tal, es posible que ninguna alternativa A_i supere a (U_j), llevando a que el decisor disminuya sus

pretensiones respecto a la decisión. En el caso de la selección de los candidatos por parte del Consejo de Administración, con un umbral U_j = (5, 6, 35, 6, 7) por ejemplo; las únicas alternativas satisfactorias serian A_6 y A_7 respectivamente o en su defecto con U_j = (7, 6, 35, 6, 7) no se presenta ni siquiera un candidato A_i, que domine el umbral definido por esta instancia directiva para este proceso de decisión.

Lo anterior ha llevado que en el campo de la Decisión Multicriterio, se tengan en cuenta ciertos procedimientos de información progresiva, los cuales se basan en la variación interactiva de los niveles de satisfacción del decisor; como el Método Programme Utilisant L'intelligence Artificielle en Multicritere (PRIAM) (Levine et. al., 1986) a través del cual se emplea una modificación dinámica de los umbrales de satisfacción del decisor con el propósito de reducir el conjunto de elección.

Otro procedimiento es Eliminación By Aspects (EBA), el cual combina la eliminación lexicográfica con la información progresiva. En este método el decisor para cada criterio C_n, define ciertos aspectos que él desea sean poseídos en la solución buscada eliminándose así las alternativas A_i, que no satisfagan dichos aspectos. Para un criterio C_n escogido se define un umbral U_n, eliminándose las alternativas en las cuales U_j (C_n) < U_n; a continuación se prosigue con el criterio C_{n+1}, procediendo en forma equivalente con los otros criterios hasta que no quede mas que una sola alternativa A_i, que será la escogida por el decisor.

3.2.3 Método de ponderación

Es común en la Decisión Multicriterio, que unos criterios C_n tengan para el decisor más importancia que otros. Los pesos o ponderaciones, son medidas de la importancia relativa que los criterios C_n tienen para el decisor, puesto que su actuación frente a una toma de decisiones puede adquirir una connotación objetiva

o subjetiva. Se hace indispensable identificar algunos aspectos en el procedimiento de la ponderación dentro del componente del Análisis Multicriterio, estos aspectos son:

W_j = Peso asignado al criterio o atributo j, el cual puede adquirir una valoración cualitativa, ordinal o cardinal.

Vector de pesos (W) = (W_1, W_2, …., W_n).

Un procedimiento en la ponderación de pesos, que sirve para ayudar a tomar una decisión en el componente multicriterio es el que se expone a continuación:

3.2.3.1 Método de la suma ponderada

Este método comprende tres fases: identificar los datos de partida, la transformación de los datos y la aplicación.

Identificación de los datos de partida.

Se asume que el problema de decisión comprende A_i alternativas y C_n criterios, en donde cada criterio esta representado por una función de utilidad U_j y unas valoraciones a_{ij}, al interior de la matriz de decisión de tipo cardinal ratio.

Transformación de los datos.

Se efectúa por medio de la normalización de las evaluaciones a_{ij} (0,1) hechas por el decisor, teniendo en cuenta que la mejor evaluación es la que este más próxima a 1 y de los pesos W_j de tal forma que su suma equivalga a la unidad.

Este proceso de normalización se puede llevar a cabo por:

1. Suma por columnas: Total de criterios o alternativas (a_i / $\sum a_i$). En el caso de la minimización de un criterio C_n, este proceso es equivalente a maximizar las inversas de las evaluaciones originales de las alternativas, es decir 1 / a_{ij}.
2. Suma por filas: Total de pesos (W_j / $\sum W_j$)

3. Suma ponderada: $\sum W_j * a_{ij}$. Permite calcular la evaluación global para cada alternativa A_i.

Aplicación del método.

Para discernir acerca de la dinámica del método de la suma ponderada, retomemos el proceso de toma de decisión del Consejo de Administración respecto a la elección de los candidatos, teniendo en cuenta que ya existen tres alternativas A_i que en los procesos de análisis de dominación y satisfacción ya fueron descartados por esta instancia directiva, estos candidatos son en su orden A_3, A_6 y A_9 respectivamente. Se debe tener en cuenta que las evaluaciones para los criterios C_n, están dadas en una escala de 0 a 5; correspondiente a la importancia o peso que tiene cada criterio para la instancia decisora. Esta información corresponde a los datos de partida:

Tabla Nº 5. Datos de partida. Método de la suma ponderada

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6	5	28	5	5
Candidato 2	4	2	25	10	9
Candidato 4	5	7	35	9	6
Candidato 5	6	1	27	6	7
Candidato 7	6	8	30	7	9
Candidato 8	5	6	26	4	8
Pesos:	5	5	2	4	4

Como se tiene el criterio edad a minimizar la instancia directiva procede a evaluar las inversas en este criterio C_3 y a calcular las respectivas sumatorias por columnas ($\sum a_i$) y fila de pesos ($\sum W_j$), para proceder a la respectiva normalización.

Tabla Nº 6. Proceso de normalización. Suma por columnas

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 / 32	5 / 29	1 / 28	5 / 41	5 / 44
Candidato 2	4 / 32	2 / 29	25 / 28	10 / 41	9 / 44
Candidato 4	5 / 32	7 / 29	35 / 28	9 / 41	6 / 44
Candidato 5	6 / 32	1 / 29	27 / 28	6 / 41	7 / 44
Candidato 7	6 / 32	8 / 29	30 / 28	7 / 41	9 / 44
Candidato 8	5 / 32	6 / 29	26 / 28	4 / 41	8 / 44
$\sum a_i$	32	29	0.213	41	44

Tabla Nº 7. Proceso de normalización. Suma por fila de pesos

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Pesos:	5	5	2	4	4
$\sum W_j = 20$	5 / 20	5 / 20	2 / 20	4 / 20	4 / 20

El siguiente es el resultado de la respectiva normalización:

Tabla Nº 8. Proceso de normalización. Método de la suma ponderada

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	0.188	0.172	0.168	0.122	0.114
Candidato 2	0.125	0.069	0.188	0.244	0.205
Candidato 4	0.156	0.241	0.134	0.220	0.136
Candidato 5	0.188	0.034	0.174	0.146	0.159
Candidato 7	0.188	0.276	0.156	0.171	0.205
Candidato 8	0.156	0.207	0.180	0.098	0.182
Pesos:	0.25	0.25	0.1	0.2	0.2

Como siguiente paso en el método de la suma ponderada, el Consejo de Administración procede a calcular las evaluaciones globales para cada alternativa A_i, según la siguiente expresión: $R(a_i) = \sum_j W_j * a_{ij}$ i = 1, 2, …., m

El siguiente es el resultado para las evaluaciones globales de cada candidato A_i

Tabla Nº 9. Evaluaciones globales. Método de la suma ponderada

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.	***R* (a_i)**
Candidato 1	0.188 * 0.25	0.172 * 0.25	0.168 * 0.1	0.122 * 0.2	0.114 * 0.2	***0.154***
Candidato 2	0.125 * 0.25	0.069 * 0.25	0.188 * 0.1	0.244 * 0.2	0.205 * 0.2	***0.157***
Candidato 4	0.156 * 0.25	0.241 * 0.25	0.134 * 0.1	0.220 * 0.2	0.136 * 0.2	***0.184***
Candidato 5	0.188 * 0.25	0.034 * 0.25	0.174 * 0.1	0.146 * 0.2	0.159 * 0.2	***0.134***
Candidato 7	0.188 * 0.25	0.276 * 0.25	0.156 * 0.1	0.171 * 0.2	0.205 * 0.2	***0.207***
Candidato 8	0.156 * 0.25	0.207 * 0.25	0.180 * 0.1	0.098 * 0.2	0.182 * 0.2	***0.165***

La respectiva instancia directiva puede observar que el método entrega una ordenación completa final de todo los candidatos A_i, ya que se supone la existencia subyacente de una función de utilidad cardinal aditiva para los criterios

C_n, debido a la independencia entre los criterios como a la comparabilidad de los valores de las alternativas A_i.

Estos conceptos son analizados a través del resultado de las evaluaciones globales $R(a_i)$, lo que permite que el Consejo de Administración de la forma solidaria; decida que el trabajador asociado que prestará sus servicios en una entidad con la cual se tiene un convenio, sea el Candidato No. 7. Lo expuesto se observa en la siguiente tabla:

Tabla Nº 10. Resultado de evaluaciones globales. Proceso de decisión

Decisión		***R (a_i)***
Primera	*Candidato 7*	***0.207***
Segunda	*Candidato 4*	***0.184***
Tercera	*Candidato 8*	***0.165***
Cuarta	*Candidato 2*	***0.157***
Quinta	*Candidato 1*	***0.154***
Sexta	*Candidato 5*	***0.134***

3.3 MÉTODOS DE ASIGNACIÓN DE PESOS EN EL ANÁLISIS MULTICRITERIO

Por medio de estos procedimientos se determinan los respectivos valores para los pesos W_j, ya que dependiendo de los valores que tome (W_j), estos pesos inciden en el Análisis Multicriterio como indicador de la importancia que asigna el decisor a cada criterio C_n. La asignación de pesos pretende reflejar en una forma certera las preferencias del decisor.

En la toma de decisiones a menudo el decisor se enfrenta a difíciles cursos de acción, pues son varias las posibles soluciones a cualquier problema planteado y diversos y a veces contradictorios, los puntos de vista sobre los que se basa la elección de la mejor solución. Es bastante corriente que unos aspectos tengan para el decisor más relevancia que otros siendo determinante en los resultados de la decisión a tomar la forma de medir la importancia relativa de los mismos (peso o ponderación, W_j).

Los pesos W_j, son de naturaleza ordinal; si interesa un rango (Mayor, segundo, principal) lo que hace que se denominen coeficientes de importancia o también de naturaleza cardinal; si es su valor numérico el aspecto más relevante. Algunos de los diversos métodos para la asignación de pesos en la Decisión Multicriterio, son los que se identifican a continuación y de los cuales extractaremos sus dinámicas de operacionalizacion:

1. Entropía.
2. Asignación directa.
   2.1 Ordenación simple.
   2.2 Tasación simple.
   2.3 Comparaciones sucesivas.
3. Eigenpesos.
4. Método de Pattern.

Estos métodos pueden presentar limitaciones a la hora de reflejar la influencia que la ponderación tiene sobre los siguientes aspectos: la familia de criterios definida, el conjunto de posibles alternativas, el tipo de escala definida o el entorno de la decisión.

3.3.1 Método de la entropía

Es un método objetivo que se emplea en contextos de toma de decisiones en las cuales se presentan conflictos de intereses, ya que los W_j se determinan en función de las evaluaciones normalizadas de la matriz de decisión, sin que influyan las preferencias del decisor (Zeleny, 1982).

La importancia radica en que el criterio o atributo C_n en una situación de decisión, está medida por su peso W_j y se encuentra relacionada con la cantidad de información aportada por el conjunto de las alternativas A_i, respecto a C_n.

Procedimiento:

1. Se parte de la matriz de evaluaciones normalizadas.
2. Se calcula la entropía (E_j), $E_j = - 1 / \log m * \sum_i a_{ij} * \log a_{ij}$ En donde:

m = Número de alternativas en la matriz de evaluaciones normalizadas.

a_{ij} = Criterios o atributos normalizados.

3. Se calcula la diversidad del criterio (D_j), $D_j = 1 – E_j$
4. Se calcula el peso normalizado de cada criterio (W_j), $W_j = D_j / \sum_j D_j = 1.0$

Para concebir la aplicación de este método, procederemos a continuar con la información del ejercicio de toma de decisiones que se ha trabajado en este capitulo, respecto a la elección de un candidato por parte del Consejo de Administración. Por consiguiente retomemos la matriz de evaluaciones normalizadas:

Tabla Nº 11. Matriz de evaluaciones normalizadas. Método de la entropía

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	0.188	0.172	0.168	0.122	0.114
Candidato 2	0.125	0.069	0.188	0.244	0.205
Candidato 4	0.156	0.241	0.134	0.220	0.136
Candidato 5	0.188	0.034	0.174	0.146	0.159
Candidato 7	0.188	0.276	0.156	0.171	0.205
Candidato 8	0.156	0.207	0.180	0.098	0.182

Con esta información se procede a calcular respectivamente E_j, D_j y W_j:

Para el calculo de E_j, se procede a determinar el valor de cada $a_{ij} * \log a_{ij}$ en cada criterio C_n, posteriormente evaluamos $(- 1 / \log 6) * \sum_i a_{ij} * \log a_{ij}$ en C_n.

Tabla Nº 12. Cálculo de las entropías. Método de la entropía

C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.
0.188 * log 0.188	0.172 * log 0.172	0.168 * log 0.168	0.122 * log 0.122	0.114 * log 0.114
0.125 * log 0.125	0.069 * log 0.069	0.188 * log 0.188	0.244 * log 0.244	0.205 * log 0.205
0.156 * log 0.156	0.241 * log 0.241	0.134 * log 0.134	0.220 * log 0.220	0.136 * log 0.136
0.188 * log 0.188	0.034 * log 0.034	0.174 * log 0.174	0.146 * log 0.146	0.159 * log 0.159
0.188 * log 0.188	0.276 * log 0.276	0.156 * log 0.156	0.171 * log 0.171	0.205 * log 0.205
0.156 * log 0.156	0.207 * log 0.207	0.180 * log 0.180	0.098 * log 0.098	0.182 * log 0.182
(- 1.285) * - 0774	(- 1.285) * - 0707	(- 1.285) * - 0776	(- 1.285) * - 0758	(- 1.285) * - 0769

La siguiente tabla es el resultado de los pesos W_j, calculados por el método de la entropía con los cuales se puede proceder a calcular las evaluaciones globales para cada alternativa A_i, tomando las respectivas normalizaciones en los criterios C_n. Lo que ayudara al decisor en la toma de una decisión con múltiples criterios:

Tabla Nº 13. Evaluaciones globales. Método de la entropía

Criterios (C_n)	**$E_j = (- 1 / \log 6) * \sum_i a_{ij} * \log a_{ij}$**	**$D_j = 1 - E_j$**	**$W_j = D_j / \sum_j D_j$**
Estudios superiores	0.995	0.005	0.005 / 0.138 = **0.04**
Experiencia	0.908	0.092	0.092 / 0.138 = **0.66**
Edad	0.997	0.003	0.003 / 0.138 = **0.02**
Entrevista	0.974	0.026	0.026 / 0.138 = **0.19**
Prueba sicotécnica	0.988	0.012	0.012 / 0.138 = **0.09**
SUMATORIA		***0.138***	***1.O***

3.3.2 Métodos de la asignación directa

Son aquellos métodos en los cuales el decisor asigna directamente valores a los pesos W_j. Sus procedimientos han sido aplicados en diversos campos del saber como lo son entre otros; Matemáticas de la Preferencia, la Investigación de Operaciones y la Teoría de la Decisión. Para el contexto del Análisis Multicriterio es de suma importancia conocer los procedimientos de la ordenación simple, tasación simple y las comparaciones sucesivas.

3.3.2.1 Método de la ordenación simple

Se realiza un ranking de los n criterios o atributos, según la importancia o preferencia que estos tengan para el decisor en donde los empates se cuantifican a su valor promedio. Estos ordenamientos se normalizan, con el propósito de que los pesos puedan tomar valores en el rango [0,1] (Kendall, 1970).

Procedimiento:

1. Se ordenan de mayor a menor importancia los criterios C_n, para lo cual se admiten empates entre estos.
2. Se asigna el valor de 1 al criterio menos importante y n al más importante. En caso de empate el valor asignado es el promedio.
3. Se procede a dividir cada asignación por la suma de los n criterios, para obtener los respectivos pesos W_j.

Con el propósito de comprender el procedimiento de éste método, se tienen en cuenta los criterios C_n, que definió Consejo de Administración de la forma solidaria, en su proceso de toma de decisiones respecto a la elección de un candidato por parte de esta instancia directiva:

C_1 = Estudios superiores, expresados en años.

C_2 = Experiencia profesional, expresada en años.

C_3 = Edad.

C_4 = Resultado de la entrevista, puntaje entre 0 y 10.

C_5 = Prueba sicotécnica, puntaje entre 0 y 10.

Se debe tener en cuenta que todos los criterios son a maximizar, excepto el criterio edad.

Como primero, se ordenan de mayor a menor importancia los criterios, asumamos que el ordenamiento realizado por la instancia directiva es el siguiente:

Tabla Nº 14. Orden de criterios. Método de la ordenación simple

Orden	Criterio	Identificación
1°	Experiencia profesional.	C_2
2°	Estudios superiores.	C_1
3° / 4°	Resultado de la entrevista.	C_4
3° / 4°	Prueba sicotécnica.	C_5
5°	Edad.	C_3

Ya que el numero de criterios en este proceso de decisión es de n = 5, y teniendo en cuenta que para el decisor los criterios C_4 y C_5 son igualmente importantes en su decisión (empate), se deben ordenar los C_n criterios, asignando los valores de 5 para el mas importante y subsiguientes en importancia hasta el valor de 1 para el C_n menos importante; de acuerdo al orden definido por el decisor:

Tabla Nº 15. Asignación de valores para criterios. Método de la ordenación simple

C_2	**C_1**	**C_4**	**C_5**	**C_3**
5	4	3	2	1

Como se observa un empate entre los criterios, C_4 y C_5 respectivamente, se procede a calcular el promedio entre estos criterios de acuerdo al valor de importancia asignado por el decisor; C_4 = 3 y C_5 = 2, por lo que su promedio aritmético es igual a 2.5 (3 + 2 / 2), quedando la asignación de valores a los C_n criterios en la siguiente forma:

Tabla Nº 16. Asignación promedio de valores para criterios. Método de la ordenación simple

C_2	**C_1**	**C_4**	**C_5**	**C_3**	**Suma**
5	4	2.5	2.5	1	15

Por ultimo se procede a valorar los pesos W_j, con los cuales se procede a calcular las evaluaciones globales para cada alternativa A_i, tomando las respectivas normalizaciones en los criterios C_n, lo que orientara al decisor en la toma acertada de una acción en un contexto de múltiples criterios:

Tabla Nº 17. Valoración de pesos. Método de la ordenación simple

Peso	**C_2**	**C_1**	**C_4**	**C_5**	**C_3**
W_j	5 / 15 = **0.33**	4 / 15 = **0.26**	2.5 / 15 = **0.17**	2.5 / 15 = **0.17**	**0.07**

3.3.2.2 Método de tasación simple

Este método asigna un rating a los C_n criterios, en donde el decisor da una valoración subjetiva a cada peso, en una escala de medida [0 a ….k], siendo k el mayor peso para un criterio C_n. Posteriormente se procede a realizar la respectiva normalización de los pesos a través de la ponderación lineal.
($W_j = W_j / \sum_j W_j$).

Para comprender la sencillez de su procedimiento, la siguiente tabla es el resultado de los pesos W_j, calculados por el método de la tasación simple, con los cuales se puede proceder a calcular las evaluaciones globales para cada alternativa A_i, tomando las respectivas normalizaciones en los criterios C_n. Lo que ayudará al decisor en la toma de una decisión con múltiples criterios:

Tabla Nº 18. Normalización de pesos. Método de la tasación simple

C_n	**Criterio**	**Pesos (W_j)**
C_1 – Max.	Estudios superiores.	5 / 20 = **0.25**
C_2 – Max.	Experiencia profesional.	5 / 20 = **0.25**
C_3 – Min.	Edad.	2 / 20 = **0.1**
C_4 – Max.	Resultado de la entrevista.	4 / 20 = **0.2**
C_5 – Max.	Prueba sicotécnica.	4 / 20 = **0.2**
Normalización		***1.0***

3.3.2.3 El método de las comparaciones sucesivas

Es un procedimiento que exige un esfuerzo del decisor, ya que este debe intervenir solo en dos fases de dicho proceso. Este método corrige las inconsistencias de valoración que se pueden presentar en el procedimiento de tasación simple (Knoll et. al., 1978) Quienes proponen la variante mejorada Revised Churchman Ackoff Technique (RCAT); esta técnica la describiremos a través de las fases que se explican en el siguiente procedimiento:

1. Ordenación de los criterios C_n, por parte del decisor de acuerdo a la importancia que él les atribuye.
2. Tasación de los pesos W_j de los respectivos criterios en una escala cardinal, en caso de empates entre los criterios C_n se aplica el promedio aritmético.
3. El decisor compara el primer criterio con sucesivas coaliciones de los otros criterios C_n que le siguen en importancia. Esta fase es conocida como el "corazón del método"
4. Contrastar la coherencia de los valores numéricos preasignados a los pesos de los criterios C_n, con las comparaciones realizadas por el decisor en la tercera fase.
5. Modificación de los valores de los pesos W_j, para que no se presenten antítesis con las comparaciones anteriores.
6. Se procede a normalizar los respectivos pesos W_j, $\sum_j W_j = 1$.

La aplicación de este procedimiento la observaremos a partir del ejercicio que hemos venido desarrollando, el cual hace referencia a la elección de un candidato por parte del Consejo de Administración para que éste preste sus servicios en una entidad.

En la primera fase, se ordenan de mayor a menor importancia los criterios, el ordenamiento realizado por la instancia directiva es el siguiente:

Tabla Nº 19. Orden de criterios. Método de las comparaciones sucesivas

Orden	Criterio	Identificación
1°	Experiencia profesional.	C_2
2°	Estudios superiores.	C_1
3° / 4°	Resultado de la entrevista.	C_4
3° / 4°	Prueba sicotécnica.	C_5
5°	Edad.	C_3

En donde consideran que los criterios, Resultado de la Entrevista (C_4) y Prueba Sicotécnica (C_5) son igualmente importantes para su proceso de decisión. Como segunda fase, se procede en forma similar a lo desarrollado en el método de la ordenación simple, quedando la asignación de valores (pesos) a los C_n criterios en la siguiente forma:

Tabla Nº 20. Asignación promedio de valores para criterios. Método de las comparaciones sucesivas

C_2	C_1	C_4	C_5	C_3
5	4	2.5	2.5	1

Para la tercera, se construyen tablas en las que el decisor compara el criterio C_n, con sucesivas relaciones de los otros criterios que para él le siguen en importancia:

a) Primera comparación con el mayor criterio C_2 = Experiencia Profesional.

Tabla Nº 21. Comparación con el mayor criterio. Método de las comparaciones sucesivas

C_2	C_1	C_4	C_5	C_3	**Suma**
5	4	2.5	2.5	1	10
5	4	2.5	2.5		9
5	4	2.5			6.5
Suma	**12**	**7.5**	**5**	**1**	**25.5**

b) Segunda comparación con el segundo mayor criterio C_1 = Estudios Superiores.

Tabla Nº 22. Comparación con el segundo mayor criterio. Método de las comparaciones sucesivas

C_1	C_4	C_5	C_3	**Suma**
4	2.5	2.5	1	6
4	2.5	2.5		5
Suma	**5**	**5**	**1**	**11**

c) Tercera comparación con el tercer mayor criterio C_4 = Resultado de la Entrevista.

Tabla Nº 23. Comparación con el tercer mayor criterio. Método de las comparaciones sucesivas

C_4	C_5	C_3	**Suma**
2.5	2.5	1	3.5
2.5	2.5		2.5
Suma	**5**	**1**	**6**

Después de construidas estas tablas, se parte de una hipótesis que es la opinión del decisor y así construir las inecuaciones de preferencias. Para nuestro caso asumimos que la instancia directiva respecto a los criterios C_n, opinó así:

1. $\mathbf{C_2} > C_1 + C_4$, pero en la primer comparación se sabe que: $\mathbf{C_2} < C_1 + C_4 + C_5$
2. $\mathbf{C_1} < C_4 + C_5$
3. $\mathbf{C_4} = C_5$

Para la cuarta fase se procede a organizar estas opiniones de "abajo hacia arriba", obteniéndose las respectivas inecuaciones de preferencia para el decisor:

1. $\mathbf{C_4} = C_5$ lo que implica que (2.5 = 2.5), igualdad verificable al observar la segunda fila de la tercera comparación.
2. $\mathbf{C_1} < C_4 + C_5$ desigualdad que confirma (4 < 2.5 + 2.5), inecuación confirmada en la fila dos, de la segunda comparación.
3. $\mathbf{C_2} > C_1 + C_4$ desigualdad que no es correcta puesto que (5 no es > 4 + 2.5), lo cual no es correcto y llevaría a que se modificasen los respectivos valores de los pesos W_j, para que no se presenten contradicciones en las comparaciones hechas por el decisor anteriormente.

Como no se cumple la última inecuación de preferencia del decisor, se modifican los respectivos valores de los pesos W_j, por medio de un juego de proporciones, resultando los siguientes valores que cumplen todas y cada una de las inecuaciones de preferencias anteriores:

Tabla Nº 24. Modificación de los pesos W_j. Método de las comparaciones sucesivas

$\mathbf{C_2}$	$\mathbf{C_1}$	$\mathbf{C_4}$	$\mathbf{C_5}$	$\mathbf{C_3}$
5	25.5 / 10	11 / 6	11 / 6	6 / 3.5
5	**2.55**	**1.83**	**1.83**	**1.71**

Obteniéndose así las respectivas inecuaciones de preferencias para el decisor:

1. **C_4** = C_5 lo que implica que (1.83 = 1.83), igualdad verificable.
2. **C_1** < C_4 + C_5 desigualdad que confirma (2.55 < 1.83 + 1.83).
3. **C_2** > C_1 + C_4 desigualdad que es correcta puesto que (5 > 2.55 + 1.83).

En la última fase del procedimiento, se lleva a cabo la respectiva normalización a suma uno:

Tabla Nº 25. Normalización de pesos. Método de las comparaciones sucesivas

C_n	**Criterio**	**Pesos (W_j)**
C_1 – Max.	Estudios superiores.	5 / 12.92 = **0.39**
C_2 – Max.	Experiencia profesional.	2.55 / 12.92 = **0.20**
C_3 – Min.	Edad.	1.83 / 12.92 = **0.14**
C_4 – Max.	Resultado de la entrevista.	1.83 / 12.92 = **0.14**
C_5 – Max.	Prueba sicotécnica.	1.71 / 12.92 = **0.13**
Normalización		***1.0***

3.3.3 Método de los Eigenpesos

Este método comprende un conjunto de asignación de pesos basados en el cálculo del autovector dominante de una matriz de comparaciones binarias de los criterios C_n. Un procedimiento característico de este método es el Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty, 1980).

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), comprende:

1. Asignación de un vector de pesos W_j, a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio.

2. Comparación de cada criterio C_i con cada criterio C_j, para obtener valores a_{ij} diferentes a la evaluación de las alternativas A_{ij}. Estos criterios se agrupan en una matriz cuadrada de orden n, la cual es denominada Matriz de Comparaciones Binarias.
3. Estimación de coeficientes a_{ij} basada en la siguiente estructura:

Tabla Nº 26. Estimación de coeficientes. Método de los eigenpesos

A_{ij}	**Criterio C_i versus Criterio C_j**
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostrablemente más importante
9	Absolutamente más importante

Se deja en claro que pueden hacerse uso de valores intermedios pares, 2,4,6 y 8; en la comparación de criterios C_n, cuando se consideren estas comparaciones como valores compromiso.

4. Comparación del criterio a_{ji}, se evalúa a través de $a_{ij} = 1 / a_{ji}$
5. Estimación de criterios C_{ij}, i = j tendrán siempre un valor de uno, para conformar así la diagonal principal.
6. Estimación del Coeficiente de Consistencia (C.I.) a través de la siguiente formulación:

   C.I. = (δ Max. – n) / n – 1, n = Número de criterios en la decisión.
7. Evaluación del Ratio de Inconsistencia (R.I.) teniendo como base el Coeficiente de Inconsistencia Aleatoria (C.I.A.), el cual está dado según la siguiente información:

Tabla Nº 27. Coeficiente de Inconsistencia Aleatoria. Método de los eigenpesos

n	C.I.A.
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45

8. Determinación del Ratio de Inconsistencia por medio de la siguiente ecuación: R.I. = (1 / C.I.A.) * C.I. para lo cual, sí R.I. < 10%, es aceptable el Proceso de Análisis Jerárquico llevado a cabo para la determinación de los respectivos pesos W_j o autovector dominante.

Con estos planteamientos anteriores, se puede decir que el método AHP, integra adecuadamente los pesos de los criterios C_n a través de jerarquías y de la ponderación lineal; lo que hace que sea considerado uno de los métodos más completos en el campo de la Decisión Multicriterio.

Es por esto, que en resumen el método tendría los siguientes pasos:

Procedimiento:

1. Se obtiene de parte del decisor la Matriz de Comparaciones Binarias.
2. Se calcula el vector de pesos W_j, o autovector dominante y el Ratio de Inconsistencia.
3. Si R.I. < 0.1, se aceptan los pesos W_j obtenidos a través del proceso, en caso contrario se le solicita al decisor que estime nuevamente la estimación de algunos o todos coeficientes a_{ij}.

Desarrollaremos este método por medio de la aplicación referente a la toma de decisión para elegir un candidato por parte del Consejo de Administración, a partir de los siguientes criterios C_n:

Tabla Nº 28. Criterios e identificación. Ejemplo elección de un candidato. Método de los eigenpesos

Criterio (C_n)	**Identificación**
Estudios superiores.	C_1
Experiencia profesional.	C_2
Edad.	C_3
Resultado de la entrevista.	C_4
Prueba sicotécnica.	C_5

1. El Consejo de Administración de acuerdo con su opinión, compara cada criterio C_n por medio coeficientes a_{ij}, lo que les permite construir la siguiente Matriz de Comparaciones Binarias:

Tabla Nº 29. Matriz de Comparaciones Binarias. Método de los eigenpesos

	C_1	**C_2**	**C_3**	**C_4**	**C_5**
C_1		1 / 3	7	5	5
C_2			8	5	5
C_3				1 / 4	1 / 4
C_4					1
C_5					

La siguiente es la Matriz completa de Comparaciones Binarias:

Tabla Nº 30. Matriz Completa de Comparaciones Binarias. Método de los eigenpesos

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	1	1 / 3	7	5	5
C_2	3	1	8	5	5
C_3	1 / 7	1 / 8	1	1 / 4	1 / 4
C_4	1 / 5	1 / 5	4	1	1
C_5	1 / 5	1 / 5	4	1	1

3. El siguiente es el resultado de la Matriz de comparaciones:

Tabla Nº 31. Resultado matriz de comparaciones. Método de los eigenpesos

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	1	0.333	7	5	5
C_2	3	1	8	5	5
C_3	0.143	0.125	1	0.25	0.25
C_4	0.2	0.2	4	1	1
C_5	0.2	0.2	4	1	1

4. Se procede a calcular la sumatoria de columnas, (suma de criterios C_n) en la respectiva matriz de comparaciones:

Tabla Nº 32. Sumatoria de columnas. Método de los eigenpesos

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	1	1 / 3	7	5	5
C_2	3	1	8	5	5
C_3	1 / 7	1 / 8	1	1 / 4	1 / 4
C_4	1 / 5	1 / 5	4	1	1
C_5	1 / 5	1 / 5	4	1	1
Suma	**4.543**	**1.858**	**24**	**12.25**	**12.25**

4. Se ponderan los pesos en cada columna de criterios C_n, $W_j = a_{ij} / \Sigma a_{ij}$ de la matriz de comparaciones:

Tabla Nº 33. Ponderación de pesos en las columnas. Método de los eigenpesos

	C_1	**C_2**	**C_3**	**C_4**	**C_5**
C_1	1 / 4.543	0.333 / 1.858	7 / 24	5 / 12.25	5 / 12.25
C_2	3 / 4.543	1 / 1.858	8 / 24	5 / 12.25	5 / 12.25
C_3	0.143 / 4.543	0.125 / 1.858	1 / 24	0.25 / 12.25	0.25 / 12.25
C_4	0.2 / 4.543	0.2 / 1.858	4 / 24	1 / 12.25	1 / 12.25
C_5	0.2 / 4.543	0.2 / 1.858	4 / 24	1 / 12.25	1 / 12.25

5. Los resultados de los pesos ponderados en las columnas son los siguientes:

Tabla Nº 34. Resultado ponderación de pesos en las columnas. Método de los eigenpesos

	C_1	**C_2**	**C_3**	**C_4**	**C_5**
C_1	0.220	0.179	0.291	0.408	0.408
C_2	0.660	0.538	0.333	0.408	0.408
C_3	0.032	0.067	0.042	0.020	0.020
C_4	0.044	0.108	0.167	0.082	0.082
C_5	0.044	0.108	0.167	0.082	0.082

6. Se procede a obtener la suma por filas de los criterios C_n, en la respectiva matriz de comparaciones:

Tabla Nº 35. Sumatoria de filas. Método de los eigenpesos

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	Suma
C_1	0.220	0.179	0.291	0.408	0.408	**1.506**
C_2	0.660	0.538	0.333	0.408	0.408	**2.347**
C_3	0.032	0.067	0.042	0.020	0.020	**0.181**
C_4	0.044	0.108	0.167	0.082	0.082	**0.483**
C_5	0.044	0.108	0.167	0.082	0.082	**0.483**

7. Para obtener el autovector dominante W_j, normalizado a suma uno, se procede a dividir cada Σ_i Fila, por el número de criterios C_n, n = 5.

Tabla Nº 36. Autovector dominante. Método de los eigenpesos

	Suma	W_j
C_1	**1.506**	1.506 / 5 = ***0.30***
C_2	**2.347**	2.347 / 5 = ***0.47***
C_3	**0.181**	0.181 / 5 = ***0.03***
C_4	**0.483**	0.483 / 5 = ***0.1***
C_5	**0.483**	0.483 / 5 = ***0.1***

8. Evaluamos el autovalor dominante asociado, como la sumatoria del producto: Σ_i a_{ij} * W_j, es decir la sumatoria del producto de la suma de cada columna, criterio C_n por cada peso W_j asociado al respectivo criterio:

δ Max = (4.543 * 0.3) + (1.858 * 0.47) + (24 * 0.03) + (12.25 * 0.1) + (12.25 * 0.1)

δ Max = 5.41 > n, n = 5 (número de criterios C_n)

9. Se calcula el Ratio de Consistencia, sabiendo que el C.I.A. para n = 5, equivale a 1.12

C.I. = (5.41 – 5) / 5 – 1

C.I. = 0.41 / 4

C.I. = 0.1025

Con los datos de C.I. y C.I.A., se procede a evaluar el respectivo ratio de consistencia, para identificar si aceptamos los pesos W_j calculados por medio del Proceso de Análisis Jerárquico.

R.I. = (1 / 1.12) * 0.1025

R.I. = 0.09

R.I. = 9% “Aceptable” ya que R.I. < 10%

Lo anterior quiere decir, que los pesos W_j, calculados por el método A.H.P se puede proceder a calcular las evaluaciones globales para cada alternativa A_i, tomando las respectivas normalizaciones en los criterios C_n. Lo que ayudará al decisor en la toma de una decisión con múltiples criterios.

3.3.4 Método de Pattern

El método de Pattern puede traducirse como “Ayuda a la Planificación por evaluación Técnica de índices de Pertinencia”. Es una técnica de gran ayuda para la planificación, pues trata de elegir en presencia de múltiples criterios los elementos del programa, subobjetivos y objetivos más adecuados para ser alcanzados.

El método emplea unos índices que homogeinizan las unidades de medida. A estos se les denomina Indices de Pertinencia, los cuales pueden ser definidos como: “La medida de la contribución de un elemento situado en un nivel inferior a la realización de un nodo superior”.

Al igual que otros métodos multicriterio, Pattern también asigna unos pesos específicos W_j o coeficientes de ponderación a los criterios C_n que intervienen en la evaluación de las diferentes alternativas A_i en función de la importancia relativa que tenga ese criterio para el decisor con relación a los demás. Una característica específica del método, es que la suma de los pesos de los criterios que evalúan un conjunto de elementos o nodos debe ser igual a uno, además que deben sumar

uno las calificaciones que cada criterio asigna a las alternativas que convergen en un nodo.

Procedimiento:

1. Se identifican los criterios C_n que se van a tener en cuenta para la decisión.
2. Proceder a obtener la valoración para cada criterio C_n según el nivel de importancia asignado por el decisor.
3. Se resuelve el sistema de ecuaciones resultantes, para obtener los valores de los respectivos pesos W_j.

Con el propósito de comprender la dinámica de este método, se trabajará con la información del ejercicio de toma de decisiones presentada en este capítulo, con relación a la elección de un candidato de parte del Consejo de Administración. Primero, se identifican los criterios que se tienen en cuenta para la decisión:

C_1 = Estudios Superiores.

C_2 = Experiencia Profesional.

C_3 = Edad.

C_4 = Resultado de la Entrevista.

C_5 = Prueba Sicotécnica.

Como segundo, los miembros de la mencionada instancia directiva asignan un nivel de importancia a cada criterio entre 0 y 5, para ellos los criterios C_1 y C_2 tienen la misma importancia con una valoración máxima de 5, C_3 con una valoración de 2 y los criterios restantes también tienen igual importancia para los decisores pero su valoración es de 4.

Dado que la condición en el método de Pattern es que la suma de los pesos sea igual a uno, se hace uso de una variable ficticia (X), para resolver la ecuación resultante:

$5X + 5X + 2X + 4X + 4X = 1$

$20X = 1$

X = 1 / 20

X = 0.05

Posteriormente se procede a reemplazar el valor de la variable ficticia según la valoración asignada por el decisor para cada criterio, con el propósito de obtener los respectivos pesos W_j:

Tabla Nº 37. Obtención de pesos W_j. Método de Pattern

C_n	Criterio	Valoración del Decisor	W_j
C_1 – Max.	Estudios Superiores.	5X = 5 * 0.05 = **0.25**	**0.25**
C_2 – Max.	Experiencia Profesional.	5X = 5 * 0.05 = **0.25**	**0.25**
C_3 – Min.	Edad.	2X = 2 * 0.05 = **0.1**	**0.1**
C_4 – Max.	Resultado de la Entrevista.	4 X = 4 * 0.05 = **0.2**	**0.2**
C_5 – Max.	Prueba Sicotécnica.	4 X = 4 * 0.05 = **0.2**	**0.2**

Con los pesos W_j Obtenidos por este método se procede a calcular las puntuaciones de los diferentes criterios C_n para así poder evaluar los Índices de Pertinencia Elementales, que son iguales a la suma de los productos de la puntuación otorgada en cada criterio por el peso del mismo; lo que orientará al decisor en la toma de una decisión con Múltiples Criterios.

3.4 MÉTODOS MULTICRITERIOS ORDINALES

3.4.1 Introducción

En el Análisis Multicriterio, se consideran métodos de decisión multicriterio de tipo ordinal, a aquellos en los que el resultado obtenido para la toma de decisiones no varia tras una transformación estrictamente creciente en las utilidades del decisor. Es decir, los resultados obtenidos por cualquiera de los respectivos métodos, solo dependen de preórdenes de decisión concernientes a cada criterio C_n; lo que implica que ningún cambio en la función de utilidad, unidad de medida o ninguna

normalización de pesos W_j puede afectar dicho resultado, siempre y cuando los preórdenes no sean cambiados por el decisor.

Son característicos entre los diversos métodos de tipo ordinal en el ámbito de la Decisión Multicriterio los siguientes:

1. Método de Borda.
2. Método de Condorcet.
3. Método Multicriterio Lexicográfico.

Para conocer sus respectivas dinámicas, desarrollaremos los procedimientos fundamentados en el ejemplo de aplicación de toma de decisión, por parte de la instancia directiva de una Cooperativa de Trabajo Asociado en el momento de elegir un candidato para que preste sus servicios en una entidad, con la cual se tiene convenido un contrato de prestación de servicios.

3.4.2 Método de Borda

Es un método de toma de decisiones que por su dinámica interesa a instancias gerenciales conformadas por varias personas. Su procedimiento se presenta a continuación:

1. Se identifican las m alternativas A_i.
2. Se eligen n enteros, que corresponden al número de alternativas A_i (Coeficientes de Borda), que se asocian a cada valor a_{ij} de la Matriz de Decisión.
3. Para cada criterio C_n, las alternativas se clasifican según un preorden total.
4. En caso de empates entre los valores a_{ij} asociados a cada criterio C_n, este nuevo valor es resultado del promedio aritmético entre los a_{ij} implicados.
5. Se calcula $b(a_{ij}) = \Sigma\, a_{ij}$
6. Se procede a realizar el respectivo preorden agregado.

Como se expuso anteriormente, la siguiente es la aplicación del procedimiento del mencionado método:

a) Inicialmente se empieza con la información registrada en la respectiva Matriz de Decisión:

Tabla Nº 38. Matriz de Decisión. Método de Borda

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6	5	28	5	5
Candidato 2	4	2	25	10	9
Candidato 3	7	7	38	5	10
Candidato 4	5	7	35	9	6
Candidato 5	6	1	27	6	7
Candidato 6	5	7	31	7	8
Candidato 7	6	8	30	7	9
Candidato 8	5	6	26	4	8
Candidato 9	3	8	34	8	7

b) Se identifican un total de 9 candidatos o alternativas A_i, lo que implica que m = 9. Determinándose como Coeficientes Canónicos de Borda para las diferentes alternativas A_i (n): 9 > 8 > 7 > 6 > 5 > 4 > 3 > 2 > 1

c) Procedemos a trasladar estos coeficientes de Borda en la matriz de decisión según el preorden total para cada criterio C_n teniendo en cuenta los empates:

Tabla Nº 39. Matriz de Decisión preorden total para criterios. Método de Borda

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	(8 + 7) / 2	4	6	(3 + 2) / 2	1
Candidato 2	4	3	9	9	(8 +7) / 2
Candidato 3	9	(7 + 6) / 2	1	(3 + 2) / 2	9
Candidato 4	(6 + 5) / 2	(7 + 6) / 2	2	8	2
Candidato 5	(8 + 7) / 2	2	7	4	(4 + 3) / 2
Candidato 6	(6 + 5) / 2	(7 + 6) / 2	4	(6 + 5) / 2	(6 + 5) / 2
Candidato 7	(8 + 7) / 2	(9 + 8) / 2	5	(6 + 5) / 2	(8 +7) / 2
Candidato 8	(6 + 5) / 2	5	8	1	(6 + 5) / 2
Candidato 9	3	(9 + 8) / 2	3	7	(4 + 3) / 2

d) El siguiente es el resultado de la Matriz de Borda:

Tabla Nº 40. Resultado matriz de Borda. Método de Borda

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	7.5	4.0	6.0	1.5	1.0
Candidato 2	4.0	3.0	9.0	9.0	7.5
Candidato 3	9.0	6.5	1.0	1.5	9.0
Candidato 4	5.5	6.5	2.0	8.0	2.0
Candidato 5	7.5	2.0	7.0	4.0	3.5
Candidato 6	5.5	6.5	4.0	5.5	5.5
Candidato 7	7.5	8.5	5.0	5.5	7.5
Candidato 8	5.5	5.0	8.0	1.0	5.5
Candidato 9	3.0	8.5	3.0	7.0	3.5

e) Se procede a realizar el respectivo preorden agregado, con el propósito que el decisor tome el curso de acción en el proceso de toma de la decisión.

Tabla Nº 41. Preorden agregado. Método de Borda

	$b(a_{ij})$
Candidato 7	**33.5**
Candidato 2	**29.5**
Candidato 3	**27.5**
Candidato 6	**25.0**
Candidato 9	**23.0**
Candidato 5	**22.5**
Candidato 8	**22.5**
Candidato 4	**22.0**
Candidato 1	**19.5**

Por este método la instancia directiva de la Cooperativa, puede decidir que el candidato a elegir es el Candidato No.7, según el siguiente preorden agregado:
$A_7 > A_2 > A_3 > A_6 > A_9 > A_5 = A_8 > A_4 > A_1$

3.4.3 Método de Condorcet

Es un método ordinal de votación por mayoría simple, en el cual para toda pareja de alternativas (a_i , a_j) se plantea $a_i > a_j$ si y solo sí el número de criterios en los que a_i domina a a_j es estrictamente superior al número para los que se verifican a la inversa. Se deduce que $a_i \cong a_j$ se da en caso de igualdad en el número de criterios “a favor” y “en contra”.
Se debe tener en cuenta que los métodos de Borda y Condorcet, no conducen a la misma ordenación para que el decisor tome la decisión más acertada.

El procedimiento para la aplicación de este método es el siguiente:
1. Se procede a construir la respectiva Matriz de Decisión.

2. Se comparan por cada criterio C_n las parejas de alternativas (a_i , a_j). En el caso de que $a_i > a_j$ o $a_j > a_i$ se asigna el valor de uno. Si $a_i = a_j$ se procede a asignar el valor de cero.
3. Por último el decisor determina la opción seleccionada de acuerdo al Preorden Social Total (Ganador de Condorcet).

Para comprender el procedimiento del método en mención, procederemos a desarrollar su aplicación a través del ejemplo que se ha planteado en este capítulo. Lo primero que debe realizar la instancia directiva de la Cooperativa de Trabajo Asociado, es construir la Matriz de Decisión para iniciar el proceso de la toma de decisiones:

Tabla Nº 42. Matriz de Decisión. Método de Condorcet

	C_1 Max.	*C_2* Max.	*C_3* Min.	*C_4* Max.	*C_5* Max.
Candidato 1	6	5	28	5	5
Candidato 2	4	2	25	10	9
Candidato 3	7	7	38	5	10
Candidato 4	5	7	35	9	6
Candidato 5	6	1	27	6	7
Candidato 6	5	7	31	7	8
Candidato 7	6	8	30	7	9
Candidato 8	5	6	26	4	8
Candidato 9	3	8	34	8	7

Como segundo, se establecen estructuras de pares de combinaciones para las alternativas A_i en los diferentes criterios C_n

a) La siguiente estructura presenta las combinaciones entre el Candidato 1 y el resto de los candidatos, obteniéndose ocho combinaciones a saber:

Tabla Nº 43. Combinaciones Candidato 1. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 > 4	5 > 2			
Candidato 2			25 < 28	10 > 5	9 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	1	1				**2**
Candidato 2			1	1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1			28 < 38	5 = 5	
Candidato 3	7 > 6	7 > 5		5 = 5	10 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1			1	0		**1**
Candidato 3	1	1		0	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 > 5		28 < 35		
Candidato 4		7 > 5		9 > 5	6 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	1		1			**2**
Candidato 4		1		1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 = 6	5 > 1			
Candidato 5	6 = 6		27 < 28	6 > 5	7 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	0	1				**1**
Candidato 5	0		1	1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 > 5		28 < 31		
Candidato 6		7 > 5		7 > 5	8 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	1		1			**2**
Candidato 6		1		1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 = 6		28 < 30		
Candidato 7	6 = 6	8 > 5		7 > 5	9 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	0		1			**1**
Candidato 7	0	1		1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 > 5			5 > 4	
Candidato 8		6 > 5	26 < 28		8 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	1			1		**2**
Candidato 8		1	1		1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6 > 3		28 < 34		
Candidato 9		8 > 5		8 > 5	7 > 5

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 1	1		1			**2**
Candidato 9		1		1	1	**3**

b) Combinaciones entre el Candidato 2 y el resto de candidatos:

Tabla Nº 44. Combinaciones Candidato 2. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2			25 < 38	10 > 5	
Candidato 3	7 > 4	7 > 2			10 > 9

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2			1	1		**2**
Candidato 3	1	1			1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2			25 < 35	10 > 9	9 > 6
Candidato 4	5 > 4	7 > 2			

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2			1	1	1	**3**
Candidato 4	1	1				**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2		2 > 1	25 < 27	10 > 6	9 > 7
Candidato 5	6 > 4				

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2		1	1	1	1	**4**
Candidato 5	1					**1**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2			25 < 31	10 > 7	9 > 8
Candidato 6	5 > 4	7 > 2			

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2			1	1	1	**3**
Candidato 6	1	1				**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2			25 < 30	10 > 7	9 = 9
Candidato 7	6 > 4	8 > 2			9 = 9

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2			1	1	0	**2**
Candidato 7	1	1			0	**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2			25 < 26	10 > 4	9 > 8
Candidato 8	5 > 4	6 > 2			

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2			1	1	1	**3**
Candidato 8	1	1				**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 2	4 > 3		25 < 34	10 > 8	9 > 7
Candidato 9		8 > 2			

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 2	1		1	1	1	**4**
Candidato 9		1				**1**

c) Las siguientes son las seis combinaciones entre el Candidato 3 y los demás candidatos:

Tabla Nº 45. Combinaciones Candidato 3. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 3	7 > 5	7 = 7			10 > 6
Candidato 4		7 = 7	35 < 38	9 > 5	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 3	1	0			1	**2**
Candidato 4		0	1	1		**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 3	7 > 6	7 > 1			10 > 7
Candidato 5			27 < 38	6 > 5	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 3	1	1			1	**3**
Candidato 5			1	1		**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 3	7 > 5	7 = 7			10 > 8
Candidato 6		7 = 7	31 < 38	7 > 5	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 3	1	0			1	**2**
Candidato 6		0	1	1		**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 3	7 > 6				10 > 9
Candidato 7		8 > 7	30 < 38	7 > 5	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 3	1				1	**2**
Candidato 7		1	1	1		**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 3	7 >5	7 > 6		5 > 4	10 > 8
Candidato 8			26 < 38		

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 3	1	1		1	1	**4**
Candidato 8			1			**1**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 3	7 > 3				10 > 7
Candidato 9		8 > 7	34 < 38	8 > 5	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 3	1				1	**2**
Candidato 9		1	1	1		**3**

d) La siguiente estructura presenta las combinaciones entre el Candidato 4 y el resto de los candidatos, obteniéndose cinco combinaciones:

Tabla Nº 46. Combinaciones Candidato 4. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 4		7 > 1		9 > 6	
Candidato 5	6 > 5		27 < 35		7 > 6

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 4		1		1		**2**
Candidato 5	1		1		1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 4	5 = 5	7 = 7		9 > 7	
Candidato 6	5 = 5	7 = 7	31 < 35		8 > 6

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 4	0	0		1		**1**
Candidato 6	0	0	1		1	**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 4				9 > 7	
Candidato 7	6 > 5	8 > 7	30 < 35		9 > 6

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 4				1		**1**
Candidato 7	1	1	1		1	**4**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 4	5 = 5	7 > 6		9 > 4	
Candidato 8	5 = 5		26 < 35		8 > 6

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 4	0	1		1		**2**
Candidato 8	0		1		1	**2**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 4	5 > 3			9 > 8	
Candidato 9		8 > 7	34 < 35		7 > 6

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 4	1			1		**2**
Candidato 9		1	1		1	**3**

e) Combinaciones entre el Candidato 5 y el resto de candidatos:

Tabla Nº 47. Combinaciones Candidato 5. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 5	6 > 5		27 < 31		
Candidato 6		7 > 1		7 > 6	8 > 7

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 5	1		1			**2**
Candidato 6		1		1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 5	6 = 6		27 < 30		
Candidato 7	6 = 6	8 > 1		7 > 6	9 > 7

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 5	0		1			**1**
Candidato 7	0	1		1	1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 5	6 > 5			6 > 4	
Candidato 8		6 > 1	26 < 27		8 > 7

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 5	1			1		**2**
Candidato 8		1	1		1	**3**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 5	6 > 3		27 < 34		7 = 7
Candidato 9		8 > 1		8 > 6	7 = 7

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 5	1		1		0	**2**
Candidato 9		1		1	0	**2**

f) Las siguientes son las tres combinaciones entre el Candidato 6 y los demás candidatos:

Tabla Nº 48. Combinaciones Candidato 6. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 6				7 = 7	
Candidato 7	6 > 5	8 > 7	30 < 31	7 = 7	9 > 8

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 6				0		**0**
Candidato 7	1	1	1	0	1	**4**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 6	5 = 5	7 > 6		7 > 4	8 = 8
Candidato 8	5 = 5		26 < 31		8 = 8

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 6	0	1		1	0	**2**
Candidato 8	0		1		0	**1**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 6	5 > 3		31 < 34		8 < 7
Candidato 9		8 > 7		8 > 7	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 6	1		1		1	**3**
Candidato 9		1		1		**2**

g) Las combinaciones entre el Candidato 7 y los demás serían:

Tabla Nº 49. Combinaciones Candidato 7. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 7	6 > 5	8 > 6		7 > 4	9 > 8
Candidato 8			26 < 30		

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 7	1	1		1	1	**4**
Candidato 8			1			**1**

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 7	6 > 3	8 = 8	30 < 34		9 > 7
Candidato 9		8 = 8		8 > 7	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 7	1	0	1		1	**3**
Candidato 9		0		1		**1**

Por último resulta una sola estructura de combinación entre los Candidatos 8 y 9:

Tabla Nº 50. Combinación Candidatos 8 y 9. Método de Condorcet

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 8	5 > 3		26 < 34		8 > 7
Candidato 9		8 > 6		8 > 4	

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.	***Asignación***
Candidato 8	1		1		1	**3**
Candidato 9		1		1		**2**

El Consejo de Administración procede a seleccionar los candidatos o alternativas A_i de acuerdo con el Preorden Social Total, obtenido de las respectivas asignaciones en las estructuras de los pares de combinaciones.

Tabla Nº 51. Preorden Social Total. Método de Condorcet

Preorden	**Resultados**
$A_2 > A_1$ $A_2 > A_4$ $A_2 > A_5$ $A_2 > A_6$ $A_2 > A_8$ $A_2 > A_9$	**6**
$A_3 > A_1$ $A_3 > A_2$ $A_3 > A_5$ $A_3 > A_8$	**4**
$A_4 > A_1$	**1**
$A_5 > A_1$ $A_5 > A_4$	**2**
$A_6 > A_1$ $A_6 > A_4$ $A_6 > A_5$ $A_6 > A_8$ $A_6 > A_9$	**4**
$A_7 > A_1$ $A_7 > A_3$ $A_7 > A_4$ $A_7 > A_5$ $A_7 > A_6$ $A_7 > A_8$ $A_7 > A_9$	**7**
$A_8 > A_1$ $A_8 > A_5$ $A_8 > A_9$	**3**
$A_9 > A_1$ $A_9 > A_3$ $A_9 > A_4$	**3**

La instancia directiva de la Cooperativa, puede decidir que el candidato a elegir es el Candidato No.7, según el siguiente preorden acorde a los resultados obtenidos:
$A_7 > A_2 > A_3 = A_6 > A_8 = A_9 > A_5 > A_4 > A_1$

3.4.4 Métodos Lexicográficos

En el contexto multicriterio se presentan dos métodos a saber:

1. Método Multicriterio Lexicográfico.
2. Método del Semiorden Lexicográfico.

3.4.4.1 Método Multicriterio Lexicográfico

En la Decisión Multicriterio se tiene el desarrollo de un método que está basado en el concepto del Preorden Lexicográfico. El siguiente es el procedimiento que se emplea para la aplicación del método en referencia.

Procedimiento:

1. Se parte de la Matriz de Decisión, resultante de los procesos del Análisis de Dominación y Satisfacción además de la asignación de pesos W_j para los criterios C_n según lo explicado en el Método de la Suma Ponderada; en el cual las evaluaciones para los criterios referidos están dadas en una escala de 0 a 5, que son valores correspondientes a la importancia o peso que tiene cada criterio para el decisor.
2. Se procede a ordenar la matriz por criterios C_n según el orden de importancia de los pesos W_j.
3. Se toma el criterio C_n con mayor peso W_j y se proceden a ordenar las alternativas según este criterio, para dirimir los empates entre alternativas A_i se utiliza el segundo criterio en importancia.

Desarrollaremos el método, con la aplicación del ejemplo que hemos planteado en esta unidad. Como primero la instancia directiva de la Cooperativa parte para su proceso de decisión de la siguiente Matriz de Decision:

Tabla Nº 52. Matriz de decisión. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_3 Min.	C_4 Max.	C_5 Max.
Candidato 1	6	5	28	5	5
Candidato 2	4	2	25	10	9
Candidato 4	5	7	35	9	6
Candidato 5	6	1	27	6	7
Candidato 7	6	8	30	7	9
Candidato 8	5	6	26	4	8
Pesos:	5	5	2	4	4

El siguiente es el orden de los criterios según la importancia de los respectivos pesos:

Tabla Nº 53. Orden de criterios por importancia de pesos W_j. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.	C_3 Min.
Candidato 1	6	5	5	5	28
Candidato 2	4	2	10	9	25
Candidato 4	5	7	9	6	35
Candidato 5	6	1	6	7	27
Candidato 7	6	8	7	9	30
Candidato 8	5	6	4	8	26
Pesos:	5	5	4	4	2

Empezando con el criterio, C_1 tenemos el siguiente resultado:

C_1 = Estudios Superiores, expresados en años. $W_j = 5$

Tabla Nº 54. Ordenación primer criterio. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.
Candidato 1	6
Candidato 5	6
Candidato 7	6
Candidato 4	5
Candidato 8	5
Candidato 2	4

Puede observarse en el resultado la existencia de dos empates entre las alternativas A_i Candidatos 1, 5 y 7 para los cuales el criterio C_1 – Max. = 6 y para los Candidatos 4 y 8 en donde C_1 – Max. = 5. Estos empates deben ser dirimidos recurriendo al segundo criterio C_2 = Experiencia Profesional, expresada en años. W_j = 5 que entregará como ordenación la siguiente:

Tabla Nº 55. Ordenación segundo criterio. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_2 Max.
Candidato 7	8
Candidato 4	7
Candidato 8	6
Candidato 1	5
Candidato 2	2
Candidato 5	1

La siguiente tabla resume la ordenación final, para que el Consejo de Administración tome la decisión correspondiente:

Tabla Nº 56. Ordenación final. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.	C_2 Max.
Candidato 7	6	8
Candidato 4	5	7
Candidato 8	5	6
Candidato 1	6	5
Candidato 2	4	2
Candidato 5	6	1

Otra forma para obtener la ordenación final para la toma de la decisión, consiste en partir de la matriz resultante de ordenar los criterios según la importancia de los respectivos pesos W_j.

Tabla Nº 57. Matriz resultante del ordenamiento de criterios por importancia de pesos W_j. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.	C_3 Min.
Candidato 1	6	5	5	5	28
Candidato 2	4	2	10	9	25
Candidato 4	5	7	9	6	35
Candidato 5	6	1	6	7	27
Candidato 7	6	8	7	9	30
Candidato 8	5	6	4	8	26
Pesos:	5	5	4	4	2

Se procede a ordenar las alternativas A_i o Candidatos por los respectivos criterios según la importancia de los pesos, en el desarrollo del ejemplo la instancia de

decisión inicia con el criterio por el criterio C_1 = Estudios Superiores, expresados en años. $W_j = 5$

Observamos que el Candidato 2 en el criterio C_1 tiene la más baja calificación, lo que permite que sea descartado para la decisión final. Como se presentan empates en el primer criterio, se procede al análisis con el criterio C_2 = Experiencia Profesional, expresada en años. $W_j = 5$.

Se observa que el Candidato 5 en el criterio C_2 tiene la más baja calificación, lo que hace que sea descartado para el proceso de la toma de decisión.

Tabla Nº 58. Matriz de Decisión. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.	C_3 Min.
Candidato 1	6	5	5	5	28
Candidato 5	6	1			
Candidato 7	6	8	7	9	30
Candidato 4	5	7	9	6	35
Candidato 8	5	6	4	8	26
Candidato 2	4				
Pesos:	5	5	4	4	2

Partiendo de esta nueva Matriz de Decisión, se analiza para cada criterio C_n a partir del criterio que dirime los empates que alternativas A_i obtienen la más alta calificación:

Tabla Nº 59. Matriz de ordenación final. Método Multicriterio Lexicográfico

	C_1 Max.	C_2 Max.	C_4 Max.	C_5 Max.	C_3 Min.	***Calificación***
Candidato 1	6	5	5	5	28	**0**
Candidato 7	6	*8*	7	*9*	30	**2**
Candidato 4	5	7	*9*	6	35	**1**
Candidato 8	5	6	4	8	*26*	**1**
Pesos:	5	5	4	4	2	

Quedando la siguiente ordenación para la elección final:
Candidato 7, Candidato 4, Candidato 8 y Candidato 1. Este resultado puede ser verificado con el resultado final del Método Multicriterio Lexicográfico.

3.4.4.2 Método del Semiorden Lexicográfico

Este método de la Decisión Multicriterio comprende la aplicación del siguiente procedimiento:

1. Para cada criterio C_n se define por parte del decisor un umbral de indiferencia S_n de tal forma que dos alternativas a_i y a_k se consideran indiferentes o empatadas con relación a dicho criterio sí y solo sí $| a_{in} - a_{kn} | \leq S_n$
2. Se procede a trabajar con la Matriz de Decisión y el ordenamiento por criterios según lo planteado en el Método Multicriterio Lexicográfico.
3. El decisor toma la decisión según el resultado obtenido en la Matriz Antisimétrica de la relación agregada, de cada par de alternativas A_i según la comparación de los criterios C_n en el orden decreciente de sus respectivos pesos W_j.

Para comprender el procedimiento del Método del Semiorden Lexicográfico, procederemos a desarrollar su aplicación a través del ejemplo que se ha planteado en este capítulo.

Lo primero que debe realizar la instancia directiva de la Cooperativa de Trabajo Asociado, es definir los respectivos umbrales de indiferencia S_n para los diversos criterios C_n:

Tabla Nº 60. Umbrales de indiferencia para criterios. Método del Semiorden Lexicográfico

C_n	**Criterio**	**S_n**
C_1 – Max.	Estudios Superiores.	**1 Año**
C_2 – Max.	Experiencia Profesional.	**2 Años**
C_3 – Min.	Edad.	**3 Años**
C_4 – Max.	Resultado de la Entrevista.	**3 Puntos**
C_5 – Max.	Prueba Sicotécnica.	**3 Puntos**

Como segundo se trabaja con la Matriz de Decisión resultante del orden de los criterios según la importancia de los respectivos pesos:

Tabla Nº 61. Matriz resultante del ordenamiento de criterios por importancia de pesos W_j. Método del Semiorden Lexicográfico

	C_1 Max.	*C_2* Max.	*C_4* Max.	*C_5* Max.	*C_3* Min.
Candidato 1	6	5	5	5	28
Candidato 2	4	2	10	9	25
Candidato 4	5	7	9	6	35
Candidato 5	6	1	6	7	27
Candidato 7	6	8	7	9	30
Candidato 8	5	6	4	8	26
Pesos:	5	5	4	4	2

A partir de esta matriz, se aplica el ordenamiento por criterios según lo planteado en el Método Multicriterio Lexicográfico.

a) C_1 Estudios Superiores, S_1 = 1 Año.

Tabla Nº 62. Ordenamiento del primer criterio. Método del Semiorden Lexicográfico

Alternativas	$\mid a_{in} - a_{kn} \mid$	$\mid a_{in} - a_{kn} \mid \leq S_n$	**Decisión**
A_1 Versus A_2	| 6 – 4 |	$2 > 1$	**$A_2 > A_1$**
A_1 Versus A_4	| 6 – 5 |	$1 \leq 1$	
A_1 Versus A_5	| 6 – 6 |	$0 \leq 1$	
A_1 Versus A_7	| 6 – 6 |	$0 \leq 1$	
A_1 Versus A_8	| 6 – 5 |	$1 \leq 1$	
A_2 Versus A_4	| 4 – 5 |	$1 \leq 1$	
A_2 Versus A_5	| 4 – 6 |	$2 > 1$	**$A_5 > A_2$**
A_2 Versus A_7	| 4 – 6 |	$2 > 1$	**$A_7 > A_1$**
A_2 Versus A_8	| 4 – 5 |	$1 \leq 1$	
A_4 Versus A_5	| 5 – 6 |	$1 \leq 1$	
A_4 Versus A_7	| 5 – 6 |	$1 \leq 1$	
A_4 Versus A_8	| 5 – 5 |	$0 \leq 1$	
A_5 Versus A_7	| 6 – 6 |	$0 \leq 1$	
A_5 Versus A_8	| 6 – 5 |	$1 \leq 1$	
A_7 Versus A_8	| 6 – 5 |	$1 \leq 1$	

b) C_2 Experiencia Profesional, S_2 = 2 Años.

Tabla Nº 63. Ordenamiento del segundo criterio. Método del Semiorden Lexicográfico

Alternativas	$\| a_{in} - a_{kn} \|$	$\| a_{in} - a_{kn} \| \leq S_n$	**Decisión**
A_1 Versus A_2	| 5 – 2 |	$3 > 2$	**$A_2 > A_1$**
A_1 Versus A_4	| 5 – 7 |	$2 \leq 2$	
A_1 Versus A_5	| 5 – 1 |	$4 > 2$	**$A_5 > A_1$**
A_1 Versus A_7	| 5 – 8 |	$3 > 2$	**$A_7 > A_1$**
A_1 Versus A_8	| 5 – 6 |	$1 \leq 2$	
A_2 Versus A_4	| 2 – 7 |	$5 > 2$	**$A_4 > A_2$**
A_2 Versus A_5	| 2 – 1 |	$1 \leq 2$	
A_2 Versus A_7	| 2 – 8 |	$6 > 2$	**$A_7 > A_2$**
A_2 Versus A_8	| 2 – 6 |	$4 > 2$	**$A_8 > A_2$**
A_4 Versus A_5	| 7 – 1 |	$6 > 2$	**$A_5 > A_4$**
A_4 Versus A_7	| 7 – 8 |	$1 \leq 2$	
A_4 Versus A_8	| 7 – 6 |	$1 \leq 2$	
A_5 Versus A_7	| 1 – 8 |	$7 > 2$	**$A_7 > A_5$**
A_5 Versus A_8	| 1 – 6 |	$5 > 2$	**$A_8 > A_5$**
A_7 Versus A_8	| 8 – 6 |	$2 \leq 2$	

c) C_4 Resultado de la Entrevista, S_4 = 3 Puntos.

Tabla Nº 64. Ordenamiento del tercer criterio. Método del Semiorden Lexicográfico

Alternativas	$\| a_{in} - a_{kn} \|$	$\| a_{in} - a_{kn} \| \leq S_n$	**Decisión**
A_1 Versus A_2	| 5 – 10 |	$5 > 3$	**$A_2 > A_1$**
A_1 Versus A_4	| 5 – 9 |	$4 > 3$	**$A_4 > A_1$**
A_1 Versus A_5	| 5 – 6 |	$1 \leq 3$	
A_1 Versus A_7	| 5 – 7 |	$2 \leq 3$	
A_1 Versus A_8	| 5 – 4 |	$1 \leq 3$	
A_2 Versus A_4	| 10 – 9 |	$1 \leq 3$	
A_2 Versus A_5	| 10 – 6 |	$4 > 3$	**$A_5 > A_2$**
A_2 Versus A_7	| 10 – 7 |	$3 \leq 3$	
A_2 Versus A_8	| 10 – 4 |	$6 > 3$	**$A_8 > A_2$**
A_4 Versus A_5	| 9 – 6 |	$3 \leq 3$	
A_4 Versus A_7	| 9 – 7 |	$2 \leq 3$	
A_4 Versus A_8	| 9 – 4 |	$5 > 3$	**$A_8 > A_4$**
A_5 Versus A_7	| 6 – 7 |	$1 \leq 3$	
A_5 Versus A_8	| 6 – 4 |	$2 \leq 3$	
A_7 Versus A_8	| 7 – 4 |	$3 \leq 3$	

d) C_5 Prueba Sicotécnica, S_5 = 3 Puntos.

Tabla Nº 65. Ordenamiento del cuarto criterio. Método del Semiorden Lexicográfico

Alternativas	$\| a_{in} - a_{kn} \|$	$\| a_{in} - a_{kn} \| \leq S_n$	**Decisión**
A_1 Versus A_2	| 5 – 9 |	$4 > 3$	**$A_2 > A_1$**
A_1 Versus A_4	| 5 – 6 |	$1 \leq 3$	
A_1 Versus A_5	| 5 – 7 |	$2 \leq 3$	
A_1 Versus A_7	| 5 – 9 |	$4 > 3$	**$A_7 > A_1$**
A_1 Versus A_8	| 5 – 8 |	$3 \leq 3$	
A_2 Versus A_4	| 9 – 6 |	$3 \leq 3$	
A_2 Versus A_5	| 9 – 7 |	$2 \leq 3$	
A_2 Versus A_7	| 9 – 9 |	$0 \leq 3$	
A_2 Versus A_8	| 9 – 8 |	$1 \leq 3$	
A_4 Versus A_5	| 6 – 7 |	$1 \leq 3$	
A_4 Versus A_7	| 6 – 9 |	$3 \leq 3$	
A_4 Versus A_8	| 6 – 8 |	$2 \leq 3$	
A_5 Versus A_7	| 7 – 9 |	$2 \leq 3$	
A_5 Versus A_8	| 7 – 8 |	$1 \leq 3$	
A_7 Versus A_8	| 9 – 8 |	$1 \leq 3$	

e) C_3 Edad, S_3 = 3 Años.

Tabla Nº 66. Ordenamiento del quinto criterio. Método del Semiorden Lexicográfico

Alternativas	$\| a_{in} - a_{kn} \|$	$\| a_{in} - a_{kn} \| \leq S_n$	**Decisión**
A_1 Versus A_2	| 28 – 25 |	$3 \leq 3$	
A_1 Versus A_4	| 28 – 35 |	$7 > 3$	**$A_1 > A_4$**
A_1 Versus A_5	| 28 – 27 |	$1 \leq 3$	
A_1 Versus A_7	| 28 – 30 |	$2 \leq 3$	
A_1 Versus A_8	| 28 – 26 |	$2 \leq 3$	
A_2 Versus A_4	| 25 – 35 |	$10 > 3$	**$A_2 > A_4$**
A_2 Versus A_5	| 25 – 27 |	$2 \leq 3$	
A_2 Versus A_7	| 25 – 30 |	$5 > 3$	**$A_2 > A_7$**
A_2 Versus A_8	| 25 – 26 |	$1 \leq 3$	
A_4 Versus A_5	| 35 – 27 |	$8 > 3$	**$A_5 > A_4$**
A_4 Versus A_7	| 35 – 30 |	$5 > 3$	**$A_7 > A_4$**
A_4 Versus A_8	| 35 – 26 |	$9 > 3$	**$A_8 > A_4$**
A_5 Versus A_7	| 27 – 30 |	$3 \leq 3$	
A_5 Versus A_8	| 27 – 26 |	$1 \leq 3$	
A_7 Versus A_8	| 30 – 26 |	$4 > 3$	**$A_8 > A_7$**

Por último se procede a construir la Matriz Antisimétrica de la relación agregada, en la cual a cada victoria se le asigna el valor de uno (1) y en caso de una derrota el valor menos uno (-1). En el caso de empates se asigna el valor de cero (0).

Tabla Nº 67. Matriz Antisimétrica de la relación agregada. Método del Semiorden Lexicográfico

	A_1	A_2	A_4	A_5	A_7	A_8	**Σ(Victorias – Derrotas)**
A_1	0	- 4	0	- 1	- 2	0	**- 7**
A_2	4	0	0	0	1	- 2	**3**
A_4	0	0	0	- 2	- 1	0	**- 3**
A_5	1	0	2	0	- 1	- 1	**1**
A_7	2	- 1	1	1	0	- 1	**2**
A_8	0	2	0	1	1	0	**4**

Por el procedimiento de este método el curso de acción que toma el Consejo de Administración de la Cooperativa de Trabajo Asociado, respecto a la elección de un candidato será asignada al Candidato No. 8

4. PROGRAMACIÓN POR METAS

4.1 LA PROGRAMACIÓN POR METAS

4.1.1 Introducción

Estudios y experiencias del Sector Solidario, han demostrado que en sus instancias directivas algunos de sus miembros están capacitados para efectuar un análisis racional completo en su proceso de toma de decisiones aplicado a situaciones o sistemas complejos, en especial en las Cooperativas de Trabajo Asociado y los Fondos de Empleados. Existen varias razones:

1. El sistema de valores del asociado que asume el rol de directivo debe ser compatible al sistema de valores de la organización solidaria, respecto a lo que es mejor para ésta, en algunas situaciones estos sistemas presentan un comportamiento antagónico lo cual hace que se plantee una barrera en la identificación de los objetivos organizacionales con relación al proceso de la toma de decisiones.
2. En la búsqueda del conocimiento organizacional, el asociado-directivo puede haber identificado muchas de las relaciones al interior de la organización, de su entorno y del contexto y la organización solidaria, pero no todas. Este hecho plantea una barrera en el proceso de decisión al no poder definir todas las alternativas o cursos de acción posibles y para cada alternativa todos los resultados posibles.
3. En el contexto solidario se ha planteado que la coopetitividad como componente de desarrollo organizacional y empresarial se da como estrategia

debido a la complejidad cambiante de las dinámicas dentro de los elementos de la organización solidaria, de las relaciones de los elementos del entorno y de las interacciones de la organización y su entorno, pareciendo natural entonces, que las organizaciones del Sector Solidario fijen objetivos múltiples en la búsqueda de su sostenibilidad y permanencia en el contexto económico y social en el cual interactúan. Esta situación plantea una barrera en el proceso de la toma de decisiones respecto a los objetivos múltiples, ya que:

a) Los objetivos pueden ser medibles en unidades diferentes.
b) Los objetivos pueden ser incompatibles, así sea parcialmente y
c) Los objetivos pueden ser tanto cualitativos como cuantitativos.

Las razones expuestas anteriormente, pueden superarse estructurando técnicas analíticas (modelos) formales para ser utilizadas en el proceso de la toma de decisiones, donde cada alternativa se evalúa en términos de los objetivos múltiples, definiendo para ella un vector que represente su evaluación en términos de los criterios múltiples.

La generación de soluciones eficientes en un problema de decisión multicriterio cuando aumenta el número de objetivos y restricciones puede llegar a presentar complicaciones respecto al curso de acción que debe elegir el decisor, aún cuando se obtenga o se aproxime al número de decisiones óptimas ya que su número puede ser tan elevado que no sea fácil hacer una elección. En estos casos se puede recurrir a otros enfoques multiobjetivos más pragmáticos, tales como la Programación por Metas (Programación con Objetivos Múltiples, Programación con Múltiples Objetivos, Programación con Múltiples Criterios).

La Programación Multiobjetivo, enfocada como una técnica que permite segregar del conjunto de soluciones posibles aquellas que son paretianamente eficientes, complementada con la ingeniosa y a la vez, realista manera de introducir las preferencias del centro decisor que propone la Programación Compromiso,

permite que la unión de ambos enfoques en el proceso de la toma de decisiones se convierta en un instrumento para analizar problemas decisionales en contextos multicriterio como lo desarrollado en el capítulo anterior de este trabajo de investigación.

De lo expuesto anteriormente, debe encontrarse un enfoque multiobjetivo con una solidez teórica y una operatividad que coadyuve a que organizaciones de economía social como las Cooperativas de Trabajo Asociado y los Fondos de Empleados, alcancen altos niveles de coopetitividad en aspectos como:

1. Posicionamiento en el mercado del trabajo asociativo y del ahorro y la captación de dinero.
2. La innovación en servicios sociales.
3. La productividad y la eficiencia en la gestión solidaria.
4. Optimización de los recursos físicos y financieros de base social.
5. Desarrollo organizacional solidario y autogestionario.
6. Desarrollo a escala humana del asociado, beneficiarios y el entorno.
7. Rentabilidad económica y social.
8. Responsabilidad social.

Es posible aumentar o disminuir este abanico de posibilidades, de acuerdo con la naturaleza de cada organización solidaria y según las condiciones en donde estas se interrelacionan e interactúan ya que en su proceso de administración colectiva y gestión solidaria, las decisiones casi siempre se fundamentan en criterios u objetivos múltiples. Dentro de este enfoque multiobjetivo hasta el presente se han desarrollado varios métodos analíticos formales de decisión con objetivos múltiples; como es el caso de la Programación por Metas denominada “goal programming” originada en los trabajos de Charnes y Cooper (1961) y desarrollados por Lee (1972) e Ignizio (1976).

La Programación por Metas se aleja de la filosofía de la optimización, relacionada con la filosofía satisfaciente en la línea que propone Herbert Simon (1955, 1957), el cual conjetura que en las complejas organizaciones actuales, el contexto de las decisiones está definido por información incompleta, recursos limitados, multiplicidad de objetivos, conflicto de intereses entre otros.

En este tipo de contexto el centro decisor no está en condiciones de maximizar nada y menos una bien definida función de utilidad como lo supone el análisis económico tradicional. Por el contrario, Simon expresa que en contextos decisionales complejos como lo es el proceso de la toma de decisiones en estas organizaciones, la instancia de decisión intenta que una serie de metas relevantes se aproximen lo más posible a unos niveles de aspiración fijados de antemano por este centro decisor. Puede decirse entonces, que la Programación por Metas constituye la dimensión operativa de la filosofía "satisfaciente".

4.1.2 Terminología en la programación por metas

La siguiente terminología permite comprender la metodología de la Programación por Metas:

Variable de Decisión: Representa algo que está bajo control del decisor y que puede tener impacto sobre la solución del problema. A menos que se indique lo contrario, se asume que las variables son no negativas.

Variables Desviación: Reflejan la falta N_i o el exceso de logro P_i de un objetivo i. Se asume que las variables desviación son no negativas.

Modelo de Programación Lineal por Metas: Si se tratan los objetivos y las restricciones de una manera simétrica estará formado por m funciones lineales, n variables decisión y 2m variables desviación. Cada una de estas funciones es una meta, tanto si originalmente era una restricción como un objetivo.

Solución Factible: Conforma cualquier conjunto de variables decisión y desviación que son no negativas.

Solución Básica: Si (n + 2m) – m (n: número de variables decisión, m: número de variables desviación) se hacen cero y se resuelven las m metas, la solución resultante es una solución básica. Las m variables que no se hacen cero son las variables básicas y las que se han anulado son las no básicas.

Solución Degenerada: Cualquier solución básica en que una o más de las variables básicas vale cero.

Solución Implementable: Es una solución posible en la que todas las restricciones rígidas o absolutas se satisfacen. Esto es, la primera prioridad se logra completamente, cuando $a_i = 0$.

Función de Logro: Indica el grado de logro asociado a cada meta. Dada una función que se debe minimizar lexicográficamente, la función de logro sería un vector ordenado.

Solución Óptima: En Programación por Metas con Prioridades, la solución óptima es la solución posible asociada con el vector de logro minimizado.

Soluciones Óptimas Alternativas: Un problema de Programación por Metas tiene soluciones óptimas alternativas si el espacio de solución asociado con este problema es mayor que un punto; si el espacio de solución es una región, cualquier punto de la misma es una solución óptima alternativa. Es decir, tendrá el mismo vector de logro.

Solución no Acotada: Si hemos asociado niveles de aspiración a todos los objetivos, un programa por metas no puede tener solución ilimitada o solución indeterminada.

4.1.3 Estructura general de un modelo de programación por metas

La Programación por Metas se fundamenta en establecer de parte del decisor en forma cuantitativa un nivel aceptable de logro para cada uno de los objetivos y

posteriormente buscar la solución que haga mínima la suma ponderada de las desviaciones de cada objetivo frente al valor fijado por el decisor.

El primer paso en la formulación de un Modelo de Programación por Metas, consiste en fijar los atributos que se consideran relevantes para el problema de decisión que estamos analizando. Los atributos son considerados características intrínsecas de las alternativas A_i susceptibles de ser medidas, ya que constituyen la base para la toma de decisiones, base que puede ser medida y evaluada.

Una vez establecidos los atributos se determina el nivel de aspiración que corresponde a cada atributo, es decir, el nivel de logro que el decisor desea alcanzar en su proceso de la toma de decisiones.

Como segundo, se procede a relacionar los atributos con las metas, en los cuales el nivel de aspiración representa un equilibrio aceptable de logro para el correspondiente atributo, siendo la combinación de un atributo con un nivel de aspiración la formulación matemática que da origen a una meta, teniendo en cuenta las variables de desviación negativa y positiva respectivamente en la acción de la decisión. Debe tenerse en cuenta que la meta representa el nivel que el decisor desea alcanzar en su proceso de toma de decisiones y por lo tanto podrá situarse por “encima” o por “debajo” de ese nivel por él definido.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, para el atributo i-ésimo se tendrá la función matemática de la respectiva meta:

$$\mathbf{f_i\ (X) + N_i\ - P_i\ = t_i}\ \text{ de la cual:}$$

f_i (X) : Expresión matemática del atributo i-ésimo.

t_i : Nivel de aspiración del decisor.

N_i : Variable de desviación negativa, la cual cuantifica la cantidad de logro de una meta con respecto a su nivel de aspiración.

P_i : Variable de desviación positiva, la cual cuantifica el exceso de logro de una meta con respecto a su nivel de aspiración.

Con relación a la formulación de las metas y las variables decisión, que se deben tener en cuenta en el proceso de la toma de decisiones en cuanto hace referencia al tipo de meta, se tendrían que minimizar unas u otras variables de desviación según el siguiente esquema:

Tabla Nº 68. Tipos de metas y variables desviación. Programación por Metas

Nombre de la Meta	**Tipo de Meta**	**Variable de Desviación a minimizar**
Unilateral Superior	$f_i(X) \leq t_i$	P_i
Unilateral Inferior	$f_i(X) \geq t_i$	N_i
Bilateral	$f_i(X) = t_i$	$N_i + P_i$

A manera de ejemplo, se procede a explicar la continuación de las variables continua en la continuación por Metas. La Junta Directiva de un Fondo de Empleados tiene como objetivo para el año 2006, continu de los resultados de la gestión administrativa presentados en la asamblea general, minimizar la inversión de $ 300 millones en la continuac de un proyecto productivo solidario con el propósito de elevar y mejorar la calidad de vida de los asociados y sus beneficiarios.

Supongamos que este objetivo de la mencionada instancia directiva lo transformamos en la siguiente meta, fijando como nivel de aspiración el valor del recurso económico a invertir:

$$\mathbf{X_1 + 2X_2 + N_i - P_i = 300}$$

Por ejemplo, si la solución elegida fuera: X_1 = $ 100 millones, X_2 = $ 50 millones; implicaría:

$200 + N_i - P_i = 300$

$N_i - P_i = 300 - 200$

$N_i - P_i = 100$

$N_i = 100 + P_i$

$N_i = 100$

$P_i = 0$

La meta inversión ha quedado $ 100 millones por debajo del nivel de aspiración, lo que implica que la variable desviación a minimizar será P_i (Meta unilateral superior).

Suponiendo que la solución elegida fue: X_1 = $ 150 millones, X_2 = $ 100 millones; implicaría:

$350 + N_i - P_i = 300$

$N_i - P_i = 300 - 350$

$N_i - P_i = - 50$

$N_i = - 50 + P_i$

$N_i = 0$

$P_i = 50$

La meta inversión ha sobrepasado en $ 50 millones su nivel de aspiración, lo que implica que la variable desviación a minimizar será N_i (Meta unilateral inferior).

Por último si la solución elegida fuera: X_1 = $ 100 millones, X_2 = $ 100 millones; implicaría:

$300 + N_i - P_i = 300$

$N_i - P_i = 300 - 300$

$N_i - P_i = 0$

$N_i = 0$

$P_i = 0$

La meta inversión ha alcanzado exactamente su nivel de aspiración, lo que implica que las variables desviación a minimizar serían $N_i + P_i$ (Meta bilateral).

En conclusión, como el nivel de aspiración en la Programación por Metas no puede simultáneamente sobrepasarse y quedar a la vez por debajo de él, al menos una de las dos variables de desviación que definen cada meta debe ser cero. Ambas variables desviación tomarán el valor de cero cuando la meta alcanza exactamente el nivel de aspiración.

En el tercer paso, del modelo de la Programación por Metas se procede a identificar las variables de desviación no deseadas. Una variable de desviación se define como no deseada, cuando al decisor le conviene que la variable en mención alcance su valor más pequeño, es decir el valor de cero.
Cuando el tipo de meta tiene como objetivo la maximización, la variable no deseada será la variable de desviación negativa (N_i), es decir la cuantificación por la falta de logro y por el contrario cuando el tipo de meta está relacionada con el objetivo de la minimización, la variable no deseada será la variable de desviación positiva (P_i), es decir la cuantificación por el exceso del nivel de aspiración.

Por último, en el mencionado modelo se procede a la minimización de las variables desviación no deseadas, proceso que puede ser tratado de diferentes maneras que en su procedimiento da origen a variantes de la Programación por Metas, las cuales desarrollaremos a continuación.

4.2 VARIANTES EN LA PROGRAMACIÓN POR METAS

Después de haberse estructurado el Modelo de la Programación por Metas para el proceso de toma de decisiones, se hace evidente que si hay decisión es porque en las organizaciones solidarias referidas en esta investigación existe una estructura orgánica conformada por un grupo de decisores que pueden elegir entre un abanico de alternativas, con una cierta información disponible.

Dependiendo de su acción y de eventuales circunstancias que están fuera de su control se tendrán diferentes resultados con relación al nivel de logro o aspiración que este centro decisor asigne en el criterio de la decisión.

Para el criterio de la decisión referente al nivel de aspiración en el proceso de la toma de decisiones en la Programación por Metas, se hace necesario minimizar las variables de desviación no deseadas a través de procedimientos como:

1. Programación por Metas Ponderadas.
2. Programación por Metas con Prioridades.

2.1 Método Secuencial.

2.2 Método Simplex Multifase.

3. Otros procedimientos.

Para comprender la aplicación de los procedimientos referidos como variantes de la Programación por Metas, presentaremos una situación en el proceso de toma de decisiones aplicado por la Junta Directiva de un Fondo de Empleados, con relación a la inversión de recursos económicos en la ejecución de un proyecto productivo solidario, cuyo propósito es elevar y mejorar la calidad de vida de los asociados y sus beneficiarios. Debe tenerse en cuenta que esta función es inherente a la instancia directiva en mención, según lineamientos del Plan de Desarrollo Solidario fundamentados en el PESEM (Proyecto Educativo Socioempresarial) desarrollado por la forma empresarial solidaria.

Aprovechando un terreno de propiedad de un Fondo de Empleados, el cual está dedicado a la producción de frutas en fresco, se presenta a la Junta Directiva la propuesta para desarrollar un proyecto productivo con el propósito de industrializar dicha producción y participar en el mercado de la pulpa de fruta y las conservas de fruta. Las capacidades máximas de producción se estiman en 300 y 200 kilogramos/día respectivamente para cada producto. Cada kilogramo de fruta procesada en pulpa o conserva requiere de una jornada de trabajo. El proyecto tendría un impacto social en la generación de empleos directos e indirectos para

400 personas de la región, que son asociadas y beneficiarias de la empresa solidaria sin necesidad de contratar empleos eventuales.

El margen bruto del proyecto, Ingresos menos costos variables por kilogramo de fruta procesada en la línea de producción de pulpa se estima en $ 1.000 y en $ 3.000 en la línea de conservas. Los costos fijos del proyecto se estiman en $ 300.000 día. El proyecto desea, al menos, cubrir los costos fijos.

Las preferencias para la instancia directiva se concretan en el objetivo económico primero, de maximizar el margen bruto y segundo; minimizar la inversión para el proyecto en el montaje de la planta procesadora de fruta, de una parte del recurso en la línea de producción de pulpa y del doble en la línea de producción de las conservas.

Procedimiento:

1. Construir el Modelo de Programación por Metas, teniendo en cuenta que para los atributos se asocia un respectivo nivel de aspiración.
2. Identificar que los términos independientes no serán cantidades rígidas que el proyecto debe alcanzar, sino niveles de logro o de aspiración, que el proyecto debe satisfacer en la medida de lo posible.
3. Se debe tener en cuenta el objetivo del decisor, que en el ejemplo es de tipo económico, para lo cual a los atributos relacionados con este objetivo se les asocia un nivel de aspiración. En el atributo Margen Bruto, el centro decisor supone un nivel de logro de $ 400.000 día y en el atributo Inversión, un nivel de aspiración correspondiente a $ 300 millones.

A los demás atributos se les asocia como nivel de aspiración, el término independiente de la correspondiente restricción.

4. Se procede a construir la lista de las metas, en la estructura matemática multiobjetivo:

Tabla Nº 69. Estructura matemática multiobjetivo en la Programación por Metas. Ejemplo proyecto de inversión

X_1 : Línea Producción, Pulpa de frutas.		
X_2 : Línea de Producción, Conservas de frutas.		
Meta	**Atributo**	**Estructura matemática**
Meta No. 1	Inversión	$X_1 + 2X_2 + N_1 – P_1 = 300$
Meta No. 2	Margen Bruto	$1000X_1 + 3000X_2 + N_2 – P_2 = 400000$
Meta No. 3	Empleo	$X_1 + X_2 + N_3 – P_3 = 400$
Meta No 4	Capacidad Pn, Línea Pulpa	$X_1 + N_4 – P_4 = 300$
Meta No. 5	Capacidad Pn, Línea Conservas	$X_2 + N_5 – P_5 = 200$

5. Se determinan las variables de desviación no deseadas:

En la meta de Inversión, la variable de desviación no deseada sería P_1, ya que mucho mejor para el Fondo de Empleados cuanto menor sea el recurso a invertir en el proyecto.
Lo que hace que la meta para el centro decisor sea unilateral superior, puesto que:
Inversión: $X_1 + 2X_2 + N_1 – P_1 \leq 300$.

Para la meta número dos, respecto al Margen Bruto, la variable desviación a minimizar sería N_2, puesto que si el proyecto alcanza un Margen Bruto mayor que el establecido mucho mejor.
En cuanto hace referencia a la meta número dos, ésta es unilateral inferior para el centro decisor según la siguiente estructura:
Margen Bruto: $1000X_1 + 3000X_2 + N_2 – P_2 \geq 400000$.

En cuanto hace referencia a la meta del Empleo, en donde se desea mantener el nivel actual del empleo generado en la región, se deben minimizar las variables deviación tanto la positiva (P_3) como la negativa (N_3).
Con relación al atributo del empleo y su meta asociada de mantener el nivel de empleo, la meta es de tipo bilateral:

Empleo: $X_1 + X_2 + N_3 – P_3 = 400$.

Por último, en el proyecto no se desea superar las Capacidades de Producción de ambas líneas, para no tener que incurrir en aumento de los costos en el proyecto de la mano de obra y otros; por tanto las variables desviación no deseadas son P_4 y P_5 respectivamente.

En las metas referentes a las capacidades de Producción en las líneas, no es conveniente para el proyecto superar dichas capacidades, puesto que la racionalidad económica del centro decisor se fundamenta en la reducción de los costos, por lo que ambas metas son unilaterales superiores:

Capacidad de Producción, Línea de pulpas: $X_1 + N_4 – P_4 \leq 300$

Capacidad de Producción, Línea de conservas: $X_2 + N_5 – P_5 \leq 200$.

4.2.1 Programación por metas ponderadas

Teniendo en cuenta el Modelo de Programación por Metas formulado por el decisor, el cual relaciona atributos, metas y niveles de aspiración; se procede a minimizar las variables de desviación no deseadas bajo la operacionalización del Modelo de Programación por Metas Ponderadas, según el siguiente procedimiento:

1. Construir la estructura del Modelo de Programación por Metas.
2. Se plantea la ecuación que minimiza la suma de las variables de desviación no deseadas:

   $$MIN\ P_i\ .....\ +\ .....\ N_i$$

3. Como la expresión del punto anterior, es la suma de variables medidas en distintas unidades, lo cual no tiene sentido y además los valores absolutos de los niveles de aspiración del decisor son diferentes; se podrían obtener

soluciones sesgadas hacia las metas con niveles de aspiración elevados. Para lo cual en vez de minimizar la suma de desviaciones absolutas, minimizamos la suma de las desviaciones porcentuales:

$$\text{MIN } (100\ Pi / t_i) \ \ldots\ldots + \ldots\ldots \ (100\ N_i / t_i)$$

4. Debido a que los porcentajes carecen de dimensión, la suma de la expresión matemática del punto 3, no presenta ningún problema de homogeneidad, además éste procedimiento de normalización garantiza eliminar cualquier sesgo hacia el cumplimiento de metas con niveles de aspiración elevados. Sin embargo, en la formulación anterior se considera que el decisor está dando igual importancia a las metas en cuestión, lo que no tiene que ser cierto necesariamente. Esto tiene solución cuando se plantea:

$$\text{MIN } W_j\ (P_i / t_i) \ \ldots\ldots + \ldots\ldots \ W_j\ (N_i / t_i)$$

Donde los coeficientes W_j (Pesos), ponderan la importancia relativa que el decisor desea asignar a la realización de cada meta. Este método consiste en minimizar la suma ponderada de las variables de desviación no deseadas, expresadas en términos porcentuales y se conoce como Programación por Metas Ponderadas.

5. Como se obtiene un modelo de Programación Lineal Tradicional y por lo tanto se puede resolver por el Algoritmo Simplex; para diversos pesos (W_j) se irán generando diferentes soluciones, si el decisor da igual importancia a todas las metas, los W_j asumen el valor de 1.

Con el propósito de comprender el procedimiento de éste método, desarrollaremos la aplicación de toma de decisiones planteada a la instancia directiva del Fondo de Empleados, respecto a la inversión en un proyecto productivo solidario:

a) La siguiente es la estructura del Modelo de Programación por Metas asociado a los propósitos del proyecto:

Tabla Nº 70. Modelo de Programación por Metas. Ejemplo proyecto de inversión

Atributo	Estructura matemática	Variable Desviación No deseada
Inversión	$X_1 + 2X_2 + N_1 – P_1 = \$ 300$ Millones	P_1
Margen Bruto	$1000X_1 + 3000X_2 + N_2 – P_2 = \$ 400000$ / día	N_2
Empleo	$X_1 + X_2 + N_3 – P_3 = 400$ Personas	$P_3 + N_3$
Capacidad Pn, Línea Pulpa	$X_1 + N_4 – P_4 = 300$ Kilogramos / día	P_4
Capacidad Pn, Línea Conservas	$X_2 + N_5 – P_5 = 200$ Kilogramos / día	P_5

Después de identificar las variables desviación no deseadas se procede a plantear la expresión que minimiza la suma de dichas variables en mención.

b) MIN $P_1 + N_2 + (P_3 + N_3) + P_4 + P_5$.

Como se tiene la suma de diferentes unidades y los niveles de logro o aspiración para la instancia directiva son diferentes, se procede a minimizar la suma de desviaciones porcentuales y asignar unos pesos W_j iguales a uno:

MIN $W_1 (P_1 / 300) + W_2 (N_2 / 400000) + W_3 ((P_3 + N_3) / 400) + W_4 (P_4 / 300) + W_5 (P_5 / 200)$

MIN $(100P_1 / 300) + (100N_2 / 400000) + 100(P_3 + N_3) / 400 + (100P_4 / 300) + (100P_5 / 200)$

MIN $0.33 P_1 + 0.00025 N_2 + 0.25 P_3 + 0.25 N_3 + 0.33 P_4 + 0.5 P_5$

Se procede a construir el Modelo de Programación por Metas Ponderadas.

Tabla Nº 71. Modelo de Programación por Metas Ponderadas
Ejemplo proyecto de inversión

MIN 0.33 P_1 + 0.00025 N_2 + 0.25 P_3 + 0.25 N_3 + 0.33 P_4 + 0.5 P_5
Sujeta a:
Inversión: $X_1 + 2X_2 + N_1 - P_1 = \$ 300$ Millones
Margen Bruto: $1000X_1 + 3000X_2 + N_2 - P_2 = \$ 400000$ / día
Empleo: $X_1 + X_2 + N_3 - P_3 = 400$ Personas
Capacidad de Producción, Línea Pulpa: $X_1 + N_4 - P_4 = 300$ Kilogramos / día
Capacidad de Producción, Línea Conservas: $X_2 + N_5 - P_5 = 200$ Kilogramos / día

La solución obtenida mediante el software LINDO (Linear Interactive and Discrete Optimizer) en donde se incluyen las metas de la Inversión, el Margen Bruto y el Empleo, para analizar el nivel que alcanzan en la siguiente solución óptima:

Tabla Nº 72. Solución óptima. Modelo de Programación por Metas

Variable	Valor
X_1	300
X_2	33.33
N_1	0
P_1	66.66
N_2	0
P_2	0
N_3	66.66
P_3	0
N_4	0
P_4	0
N_5	166.66
P_5	0

X_1 = 300. Valor que asume la variable Línea de Producción, Pulpa de frutas; para las diferentes metas con relación a cada atributo.

X_2 = 33.33. Valor que asume la variable Línea de Producción, Conservas de frutas; para las diferentes metas con relación a cada atributo.

N_1 = 0 , P_1 = 66.66. La meta Inversión, ha sobrepasado en $ 67 millones el nivel de aspiración del centro decisor.

N_2 = 0 , P_2 = 0. La meta Margen Bruto, ha alcanzado exactamente el nivel de aspiración para el centro decisor.

N_3 = 66.66 , P_3 = 0. La meta Empleo, es inferior en 67 personas respecto del nivel de aspiración del centro decisor.

N_4 = 0 , P_4 = 0. La meta Capacidad de Producción, Línea Pulpa de frutas; ha alcanzado exactamente el nivel de aspiración para el centro decisor.

N_5 = 166.66 , P_5 = 0. La meta Capacidad de Producción, Línea de Conservas de frutas, ha quedado por debajo del nivel de aspiración del centro decisor en 167 kilogramos.

Reemplazando los valores obtenidos en las respectivas metas tenemos:

Tabla Nº 73. Valores de las metas, ejemplo proyecto de inversión
Programación por Metas Ponderadas

Meta	Ecuación	Análisis
Inversión	300+2*(33.33)+0 - 0 = 300	366.66 > 300
Margen Bruto	1000*(300)+3000*(33.33)+0 - 0 = 400000	400000 = 400000
Empleo	300+33.33+66.66 - 0 = 400	400 = 400
Capacidad Pn, Línea pulpa	300+0 - 0 = 300	300 = 300
Capacidad Pn, Línea conservas	33.33+166.66 - 0 = 200	200 = 200

La solución obtenida permite plantear a la Junta Directiva del Fondo de Empleados para su decisión, que con el proyecto se logra la realización completa de las metas para el centro decisor relacionadas con el Margen Bruto, al alcanzar el nivel de logro de $ 400.000/día y la Capacidad de Producción en la línea de pulpas, con una producción diaria de 300 kilogramos.
Mientras que se disminuya la Capacidad de Producción en la línea de conservas, en 167 kilogramos/día. En lo referente a la Inversión para el proyecto, ésta es superior en $ 67 millones respecto al valor de la inversión propuesto de $ 300 millones y en cuanto al Empleo, no se tendrán en cuenta 67 personas de la región para ser empleadas en el proyecto.

Los análisis basados en la Programación por Metas Ponderadas, pueden enriquecerse realizando un análisis de sensibilidad sobre los coeficientes de ponderación o pesos W_j; para obtener la solución óptima del modelo que mejor se adecua a la estructura de preferencias en cuanto a las metas del centro decisor.

4.2.2 Programación por metas con prioridades

En la Programación por Metas Ponderadas, se supone que todas las metas para el centro decisor tienen una importancia comparable, es decir, los pesos $W_j = 1$. Sin embargo, hay situaciones en el proceso de toma de decisiones en que esto no es cierto porque algunas metas son absolutamente prioritarias a otras, es decir, el centro decisor asocia prioridades excluyentes a las diferentes metas, en tal caso se hace referencia a la Programación por Metas con Prioridades o también identificada como Programación por Metas Lexicográficas.

En la Programación por Metas con Prioridades, se clasifican las metas en metas de primera prioridad, segunda prioridad, tercera prioridad, etc. Las metas situadas en la prioridad más alta se satisfacen en la medida de lo posible, sólo entonces se considera la posible satisfacción de metas situadas en prioridades más bajas. Es decir, las preferencias se ordenan en forma igual que las palabras de un léxico o diccionario, de ahí la denominación de Programación por Metas Lexicográficas. El siguiente es el procedimiento en el enfoque de la Programación por Metas con Prioridades.

Procedimiento:

1. Se construye de parte del decisor, la estructura del modelo de Programación por Metas, con el propósito de identificar las variables desviación no deseadas.
2. Se procede a determinar las prioridades Q_i (i = 1 Primera prioridad, i = 2 segunda prioridad, etc.), asociadas a las respectivas metas según las preferencias del decisor.
3. Construir el vector función de logro (achievement function) que reemplaza a la función objetivo tradicional, completando así el proceso de minimización lexicográfica de las variables desviación no deseadas:

Lex mín a = $[h_1 (N_i , P_i) , h_2 (N_i , P_i) , \ldots\ldots, h_k (N_i , P_i)]$

En donde cada componente de la función logro representa las variables desviación que hay que minimizar, con el objeto de conseguir la máxima realización posible de las metas situadas en la correspondiente prioridad.

El vector función de logro, también puede expresarse en una forma abreviada como:

Lex mín a = [a_1 , a_2 , ……, a_k]

En el cual $a_k = h_k (N_i , P_i)$ representa una función de las variables desviación no deseadas. El proceso de minimización lexicográfica del vector función logro implica la minimización en forma ordenada de sus componentes, es decir, se encuentra primero el valor más pequeño de la componente a_1, seguidamente el valor más pequeño de la componente a_2; compatible con el valor de a_1, previamente obtenido y así en forma sucesiva.

4. Se obtiene el modelo de Programación por Metas con Prioridades, teniendo en cuenta la función de logro con el respectivo conjunto de metas asociadas a las prioridades Q_i.

Para comprender el desarrollo de este enfoque, aplicaremos el proceso de toma de decisiones respecto a la inversión en un proyecto productivo solidario planteada a la Junta Directiva de un Fondo de Empleados:

1. El siguiente es el modelo de Programación por Metas asociado a los objetivos del proyecto productivo solidario:

Tabla Nº 74. Modelo de Programación por Metas.
Ejemplo proyecto de inversión

Atributo	**Estructura matemática**	**Variable Desviación No deseada**
Inversión	$X_1 + 2X_2 + N_1 – P_1$ = $ 300 Millones	P_1
Margen Bruto	$1000X_1 + 3000X_2 + N_2 – P_2$ = $ 400000 / día	N_2
Empleo	$X_1 + X_2 + N_3 – P_3$ = 400 Personas	$P_3 + N_3$
Capacidad Pn, Línea Pulpa	$X_1 + N_4 – P_4$ = 300 Kilogramos / día	P_4
Capacidad Pn, Línea Conservas	$X_2 + N_5 – P_5$ = 200 Kilogramos / día	P_5

Identificadas las variables desviación no deseadas, se procede a determinar las prioridades asociadas a las metas según las preferencias de la Junta Directiva.

2. Supongamos que las prioridades Q_i son las siguientes:

Q_1 : Metas de Capacidad de producción, en las líneas de pulpa y conservas de frutas, que garanticen no superar las capacidades de producción.

Q_2 : Meta que comprende que la Inversión sea como máximo de $300 millones.

Q_3 : Meta asociada con el Margen Bruto, en la cual se pretende alcanzar al menos $400.000 por día.

Q_4 : Meta del Empleo, que pretende utilizar exactamente la fuerza de trabajo disponible en la región.

3. El vector función de logro resultante, es la siguiente expresión:

$$\text{Lex mín a} = [P_4 / 300 + P_5 / 200) , (P_1) , (N_2) , (N_3 + P_3)]$$

Debe tenerse en cuenta que las variables desviación P_4 y P_5 que están en la misma unidad de medida tienen diferentes medidas de logro.

4. El modelo de Programación por Metas con Prioridades resultante es el siguiente:

Tabla Nº 75. Modelo de Programación por Metas con Prioridades
Ejemplo proyecto de inversión

Lex mín a = [$P_4 / 300 + P_5 / 200) , (P_1) , (N_2) , (N_3 + P_3)$]
Sujeta a:
Q_1 : Capacidad de Producción, Línea Pulpa: $X_1 + N_4 – P_4 = 300$ Kilogramos / día Capacidad de Producción, Línea Conservas: $X_2 + N_5 – P_5 = 200$ Kilogramos / día
Q_2 : Inversión: $X_1 + 2X_2 + N_1 – P_1 = \$ 300$ Millones
Q_3 : Margen Bruto: $1000X_1 + 3000X_2 + N_2 – P_2 = \$ 400000$ / día
Q_4 : Empleo: $X_1 + X_2 + N_3 – P_3 = 400$ Personas

Este modelo puede solucionarse recurriendo al uso de paquetes informáticos como WIN QSB (Quantitative Systems Business) o LINDO (Linear INteractive and Discrete Optimizer), obteniendo la siguiente solución óptima:

Tabla Nº 76. Solución óptima. Modelo de programación por metas con Prioridades

Variable	Valor
X_1	100
X_2	100
N_1	0
P_1	0
N_2	0
P_2	0
N_3	200
P_3	0
N_4	200
P_4	0
N_5	100
P_5	0

X_1 = 100. Valor que asume la variable Línea de Producción, Pulpa de frutas; para las diferentes metas con relación a cada atributo.

X_2 = 100. Valor que asume la variable Línea de Producción, Conservas de frutas; para las diferentes metas con relación a cada atributo.

N_4 = 200 , N_5 = 100 , P_4 = 0 , P_5 = 0. La meta Capacidad de Producción, en las líneas de pulpa y conservas de frutas; alcanzan exactamente el nivel de aspiración del centro decisor.

N_1 = 0 , P_1 = 0. La meta de Inversión, ha alcanzado exactamente el nivel de aspiración para el centro decisor.

N_2 = 0 , P_2 = 0. La meta Margen Bruto, alcanza en forma exacta el nivel de aspiración del centro decisor.

N_3 = 200 , P_3 = 0. La meta Empleo, es inferior en 200 personas con relación al nivel de aspiración para el centro decisor.

Reemplazando los valores obtenidos en las respectivas prioridades asociadas a las metas tenemos:

Tabla Nº 77. Valores de las metas, ejemplo proyecto de inversión.
Programación por Metas con Prioridades

Prioridad	Ecuación	Análisis	a_k
Q_1 : Capacidad Pn, Línea pulpa	100 + 200 - 0 = 300	300 = 300	
Capacidad Pn, Línea conservas	100 + 100 – 0 = 200	200 = 200	0
Q_2 : Inversión	100 + 2*(100) + 0 - 0 = 300	300 = 300	0
Q_3 : Margen Bruto	1000*(100) + 3000*(100) +0 - 0 = 400000	400000 = 400000	0
Q_4 : Empleo	100 + 100 + 200 – 0 = 400	400 = 400	200

Vector de Logro Óptimo a^* = [0, 0, 0, 200]. Con esta solución se permite el logro completo de las metas para el centro decisor: Capacidad de Producción, Línea de pulpa; en 300 kilogramos/día y línea de conservas, 200 kilogramos/día. Inversión de $300 millones para la ejecución del proyecto y con relación al Margen Bruto, se alcanzan a obtener $400.000 diarios; éstas metas forman las tres primeras prioridades para la Junta Directiva del Fondo de Empleados. En este vector resultante se puede observar que no se satisface la meta referente al Empleo, puesto que el proyecto no ocupa 200 personas de la región.

Los análisis basados en la Programación por Metas con Prioridades, pueden ser enriquecidos si se somete a un análisis de sensibilidad el ordenamiento de las prioridades Q_i, es decir, estudiando la influencia que tiene una determinada ordenación de prioridades para obtener la solución óptima del modelo que mejor se adecue a la estructura de preferencias del centro decisor.

4.2.2.1 Método Secuencial

El Método Secuencial para la Programación por Metas con Prioridades, se fundamenta en el Algoritmo Simplex, el cual tiene como propósito resolver una secuencia de problemas de programación lineal, para lo cual se divide el modelo

de Programación por Metas de acuerdo con los niveles de prioridad definidos por el centro decisor.

Procedimiento:

1. Se define el modelo de Programación por Metas con Prioridades.
2. Se construye la primera estructura lineal de la secuencia o programa lineal con un único objetivo que minimiza la primer componente del vector logro, sujeta a las restricciones de la primera prioridad Q_1 y las restricciones o metas absolutas si las hubiere.
3. Se procede a minimizar a través de un segundo programa lineal la función de logro correspondiente a las metas de segunda prioridad Q_2, sujeta a las metas de primera prioridad Q_1. Las metas de segunda prioridad Q_2, más una restricción que asegure que cualquier solución de la segunda prioridad Q_2; no pueden empeorar el nivel de logro previamente obtenido en la primera prioridad Q_1.
4. Se continúa con este procedimiento hasta obtener la solución del último programa lineal, hasta que se consideren todas las prioridades Q_i.

Se debe tener en cuenta que la solución al modelo de programación lineal final, es también la solución al problema de Programación por Metas Equivalente.

En la aplicación del procedimiento para el Método Secuencial, se hace necesario reducir el trabajo computacional a través de reglas, como es el caso de suprimir una columna en el tablero simplex. Esta regla establece que cualquier variable no básica que tenga un $(C_j - Z_j) \geq 0$ (positivo) en el tablero óptimo puede ser suprimida, así como su correspondiente columna en el tablero, dado que la introducción de dicha variable degradaría la solución.

Con el propósito de comprender la aplicación del Método Secuencial, como de la regla referida con anterioridad, tendremos en cuenta la decisión que debe tomar la Junta Directiva de un Fondo de Empleados con relación a la inversión en un proyecto productivo solidario:

1. El siguiente es el modelo de Programación por Metas con Prioridades, definido por la respectiva instancia directiva del Fondo de Empleados:

Tabla Nº 78. Modelo de Programación por Metas con Prioridades. Método Secuencial

MIN a = [(P_4 + P_5) , (P_1) , (N_2) , (N_3 + P_3)]
Sujeta a:
Q_1 : Capacidad de Producción, Línea Pulpa: $X_1 + N_4 - P_4 = 300$ Kilogramos / día Capacidad de Producción, Línea Conservas: $X_2 + N_5 - P_5 = 200$ Kilogramos / día
Q_2 : Inversión: $X_1 + 2X_2 + N_1 - P_1 = \$ 300$ Millones
Q_3 : Margen Bruto: $1000X_1 + 3000X_2 + N_2 - P_2 = \$ 400000$ / día
Q_4 : Empleo: $X_1 + X_2 + N_3 - P_3 = 400$ Personas

2. La siguiente es la estructura del programa lineal correspondiente al primer nivel de prioridad Q_1:

Tabla Nº 79. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_1. Método Secuencial

MIN $a_1 = P_4 + P_5$ **Con sus restricciones:**
$X_1 + N_4 - P_4 = 300$ Kilogramos / día
$X_2 + N_5 - P_5 = 200$ Kilogramos / día
$X_j , N_i , P_i \geq 0$

Este programa lineal será resuelto según el Algoritmo Simplex:

a) Se determina, $\sum$ CB * b = b_0 en a_i.

b) Se define la variable a ingresar, según el Mín C_j.

c) Se calcula b_i / a_{ij} para determinar la variable a salir, según el Mín b_i / a_{ij}.

d) Se determina el valor del punto pivote, el cual es el resultado del cruce entre la columna pivote (variable de ingreso) y la fila pivote (variable de salida).

e) Los valores de la fila en la cual ingresa la variable, se dividen entre el número pivote.

f) La columna de la variable que ingresa en el punto pivote toma el valor de uno, el resto de la columna asume el valor de cero.

g) Se calculan los nuevos datos para el siguiente tablero simplex, teniendo en cuenta el tablero anterior.

h) Se procede como en el punto a), hasta obtener en el tablero que los $C_j \geq 0$.

El siguiente es el desarrollo del Algoritmo Simplex, para el modelo lineal de la prioridad Q_1.

Tablero Nº 1: Simplex, nivel de prioridad Q_1. Método Secuencial

b_i / a_{ij}	C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_4	N_5	P_4	P_5
	0	N_4	300	1	0	1	0	- 1	0
	0	N_5	200	0	1	0	1	0	- 1
		a_1	0	0	0	0	0	1	1

El resultado para la primera prioridad Q_1, que es óptima en el tablero No. 1 del simplex, nos permite plantear la siguiente solución después de suprimir las variables de desviación no deseadas positivas, P_4 y P_5 con sus correspondientes columnas.

$X_1^* = 0$; $X_2^* = 0$; $N_4^* = 300$; $N_5^* = 200$; $P_4^* = 0$; $P_5^* = 0$.

Como a_1 es una función de minimización; $a_1^* = P_4^* + P_5^* = 0$.

3. Se formula el modelo de programación lineal para el segundo nivel de prioridad Q_2 y no se hace necesario tener en cuenta la primera prioridad Q_1 ($a_1 = P_4 + P_5$), dado que se han suprimido las variables de desviación no deseadas positivas, P_4 y P_5. La siguiente es la estructura de programación lineal para el nivel de prioridad Q_2.

Tabla Nº 80. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_2. Método Secuencial

MIN $a_2 = P_1$ **Con sus restricciones:**
$X_1 + N_4 = 300$ Kilogramos / día
$X_2 + N_5 = 200$ Kilogramos / día
$X_1 + 2X_2 + N_1 - P_1 = \$\ 300$ Millones
$X_j , N_i , P_i \geq 0$

Tablero Nº 1: Simplex, nivel de prioridad Q_2. Método Secuencial

b_i / a_{ij}	C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_1	N_4	N_5	P_1
300	0	N_4	300	1	0	0	1	0	0
∞	0	N_5	200	0	1	0	0	1	0
300	- 1	N_1	300	1	2	1	0	0	- 1
		a_2	- 300	- 1	- 2	- 1	0	0	1

Tablero Nº 2: Simplex, nivel de prioridad Q_2. Método Secuencial

b_i / a_{ij}	C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_1	N_4	N_5	P_1
	0	N_4	0	0	- 2	- 1	1	0	1
	0	N_5	200	0	1	0	0	1	0
	0	X_1	300	1	2	1	0	0	- 1
		a_2	0	0	0	0	0	0	0

En el tablero No. 2 del simplex, podemos suprimir la variable de desviación P_1 y su correspondiente columna siendo la solución en este nivel la siguiente:

$X_1^* = 300$; $X_2^* = 0$; $N_1^* = 0$; $N_4^* = 0$; $N_5^* = 200$; $P_1^* = 0$; $a_2^* = P_1^* = 0$.

4. Procedemos a plantear la estructura de programación lineal para el tercer nivel de prioridad Q_3, sin tener en cuenta la primera prioridad Q_1 ($a_1 = P_4 + P_5$) y la segunda prioridad Q_2 ($a_2 = P_1 = 0$) respectivamente; dado que se han suprimido las variables desviación positivas, P_4 , P_5 y P_1.

Tabla Nº 81. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_3. Método Secuencial

MIN $a_3 = N_2$ **Con sus restricciones:**
$X_1 + N_4 = 300$ Kilogramos / día
$X_2 + N_5 = 200$ Kilogramos / día
$X_1 + 2X_2 + N_1 = \$\ 300$ Millones
$1000X_1 + 3000X_2 + N_2 - P_2 = \$400000$ / día
$X_j , N_i , P_i \geq 0$

Tablero Nº 1: Simplex, nivel de prioridad Q_3. Método Secuencial

b_i / a_{ij}	C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_1	N_2	N_4	N_5	P_2
∞	0	N_4	300	1	0	0	0	1	0	0
200	0	N_5	200	0	1	0	0	0	1	0
150	0	N_1	300	1	2	1	0	0	0	0
133.33	- 1	N_2	400000	1000	3000	0	1	0	0	- 1
		a_3	- 400000	- 1000	- 3000	0	- 1	0	0	1

Tablero Nº 2: Simplex, nivel de prioridad Q_3. Método Secuencial

b_i / a_{ij}	C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_1	N_2	N_4	N_5	P_2
	0	N_4	300	1	0	0	0	1	0	0
	0	N_5	66.66	- 0.33	0	0	- 0.00033	0	1	0.00033
	0	N_1	33.33	0.33	0	1	- 0.00066	0	0	0.00066
	0	X_2	133.33	0.33	1	0	0.00033	0	0	- 0.00033
		a_3	0	0	0	0	0	0	0	0

En este último tablero del simplex, se permite plantear la siguiente solución después de suprimir las variables X_1 , N_2 , P_2; con sus respectivas columnas:

$X_1^* = 0$; $X_2^* = 133.33$; $N_1^* = 33.33$; $N_2^* = 0$; $N_4^* = 300$; $N_5^* = 66.66$; $P_2^* = 0$

$a_3^* = N_2^* = 0$.

5. La siguiente estructura de programación lineal considera el último nivel de prioridad Q_4 y no se hace necesario tener en cuenta las prioridades:

Q_1 ($a_1 = P_4 + P_5$), Q_2 ($a_2 = P_1 = 0$) y Q_3 ($a_3 = N_2$); puesto que se han suprimido las variables de desviación positivas P_4, P_5, P_1 y P_2; negativas N_2.

Tabla Nº 82. Estructura lineal, nivel de prioridad Q_4. Método Secuencial

MIN $a_4 = N_3 + P_3$ **Con sus restricciones:**	
N_4 = 300 Kilogramos / día	**$N_4 = 300$**
$X_2 + N_5$ = 200 Kilogramos / día	**$N_5 = 200 – 133.33 = 66.67$**
$2X_2 + N_1$ = $ 300 Millones	**$N_1 = 300 – (2*133.33) = 33.34$**
$3000X_2$ = $400000 / día	**$X_2 = 133.33$**
$X_2 + N_3 – P_3$ = 400 Personas	**$P_3 = 0$; $N_3 = 400 – 133.33 = 266.67$**
X_j , N_i , $P_i \geq 0$	

Por lo tanto la solución al modelo original es:

$X_1^* = 0$; $X_2^* = 133.33$; $a^* = (0 , 0 , 0 , 266.67)$.

$X_2^* = 133.33$. Valor que asume la variable Línea de Producción, Conservas de frutas; para los diferentes niveles de prioridad con relación a cada atributo.

Vector de Logro Óptimo $a^* = [0, 0, 0, 266.67]$. Con esta solución se permite el logro completo de las metas para el centro decisor: Capacidad de Producción, Línea de pulpa; en 300 kilogramos/día y línea de conservas, 200 kilogramos/día. Inversión de $300 millones para la ejecución del proyecto y con relación al Margen Bruto, se alcanzan a obtener $400.000 diarios; estas metas forman las tres primeras prioridades para la Junta Directiva del Fondo de Empleados. En este vector resultante se puede observar que no se satisface la meta referente al Empleo, puesto que el proyecto no ocupa 267 personas de la región.

Bajo este método podemos observar que se han introducido variables de desviación (N_i o P_i) tanto para los objetivos como para las restricciones, no se podrá obtener en Programación por Metas soluciones no factibles, dado que

ninguna solución básica puede incluir variables negativas; ni tampoco soluciones no acotadas, debido a los niveles de aspiración asociados a cada meta.

4.2.2.2 Método Simplex Multifase

El Método del Simplex Multifase para Programación por Metas con Prioridades, también se conoce en el Análisis Multiobjetivo como Simplex Modificado; no siendo más que un refinamiento del Método de las dos Fases.

En este método se tiene en cuenta una nueva fila ($C_j - Z_j$) para cada uno de los niveles de prioridad Q_i, definidos en el modelo por el centro decisor, además el procedimiento para el ingreso y salida de variables en la base y actualización de los tableros simplex es el referido con anterioridad.

La diferencia de éste método radica en el criterio óptimo para cada nivel de prioridad Q_i, ya que aunque se tenga una variable no básica con ($C_j - Z_j$), correspondiente a un nivel de prioridad superior existe un valor positivo; lo que quiere decir, que para mejorar la meta del nivel de prioridad Q_i se tendrá que empeorar una meta de nivel superior (Optimalidad Paretiana).

También se podría tener en cuenta en este método la estrategia para eliminar columnas, ya que en un tablero simplex que es óptimo para la prioridad Q_i en consideración, cualquier variable no básica y su respectiva columna asociada puede ser suprimida siempre y cuando $C_j - Z_j \geq 0$, tenga un valor positivo. La eliminación de columnas puede significar una reducción importante en el tiempo de solución del problema, pero debe tenerse en cuenta que para el análisis de sensibilidad habría que recalcular todas las columnas antes del mencionado análisis.

Procedimiento:

1. Se define el modelo de Programación por Metas con Prioridades.
2. Se procede a construir el primer tablero simplex, con base en las prioridades del centro decisor.
3. A partir del segundo tablero simplex, denominado tablero simplex multifase; se procede a dar solución al modelo inicial propuesta por el centro decisor, ya que es el último tablero el que representa la solución óptima, dado que no se puede mejorar nada sin empeorar metas de niveles superiores.

Aplicaremos el Método Simplex Multifase, con el propósito de que coadyuve a la instancia directiva de un Fondo de Empleados, en la decisión de invertir recursos en un proyecto productivo solidario:

1. El siguiente es el modelo de Programación por Metas con Prioridades, definido por la respectiva instancia directiva del Fondo de Empleados:

Tabla Nº 83. Modelo de Programación por Metas con Prioridades. Método Simplex Multifase

MIN a = [(P_4 + P_5) , (P_1) , (N_2) , (N_3 + P_3)]
Sujeta a:
Q_1 : Capacidad de Producción, Línea Pulpa: $X_1 + N_4 - P_4 = 300$ Kilogramos / día Capacidad de Producción, Línea Conservas: $X_2 + N_5 - P_5 = 200$ Kilogramos / día
Q_2 : Inversión: $X_1 + 2X_2 + N_1 - P_1 = \$\ 300$ Millones
Q_3 : Margen Bruto: $1000X_1 + 3000X_2 + N_2 - P_2 = \$\ 400000$ / día
Q_4 : Empleo: $X_1 + X_2 + N_3 - P_3 = 400$ Personas
X_j , N_i , $P_i \geq 0$

2. Los siguientes son los desarrollos de los tableros simplex, en el Método Simplex Multifase.

Tablero Nº 1: Simplex. Método Simplex Multifase

C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_4	P_4	N_5	P_5	N_1	P_1	N_2	P_2	N_3	P_3
0	N_4	300	1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	N_5	200	0	1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
0	N_1	300	1	2	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0
0	N_2	400000	1000	3000	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
0	N_3	400	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1
	a	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0

Tablero Nº 2: Simplex Multifase. Método Simplex Multifase

b/a_{ij}	C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_4	P_4	N_5	P_5	N_1	P_1	N_2	P_2	N_3	P_3
∞	0	N_4	300	1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	N_5	200	0	1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
150	0	N_1	300	1	2	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0
133.33	0	N_2	400000	1000	3000	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
400	0	N_3	400	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1
		$(C_j - Z_j)^1$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
		$(C_j - Z_j)^2$	-400000	-1000	-3000	0	1	0	1	0	0	-1	1	0	0

Tablero Nº 3: Simplex Multifase. Método Simplex Multifase

C.B.	V.B.	b	X_1	X_2	N_4	P_4	N_5	P_5	N_1	P_1	N_2	P_2	N_3	P_3
0	N_4	300	1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	N_5	66.67	-0.33	0	0	0	1	-1	0	0	-0.00033	0.00033	0	0
0	N_1	33.33	0	0	0	0	0	0	1	-1	-0.00066	0.00066	0	0
0	X_2	133.33	0.33	1	0	0	0	0	0	0	0.00033	-0.00033	0	0
0	N_3	266.67	0.66	0	0	0	0	0	0	0	-0.00033	0.00033	1	-1
	$(C_j - Z_j)^1$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	$(C_j - Z_j)^2$	-266.67	-0.66	0	0	1	0	1	0	0	0.00033	-0.00033	-1	1
	$(C_j - Z_j)^3$	-33.33	-0.33	0	0	1	0	1	-1	1	-0.00066	-0.00066	0	0
	$(C_j - Z_j)^4$	-66.67	0.33	0	0	1	-1	2	0	0	0.00033	0.00033	0	0
	$(C_j - Z_j)^5$	-300	-1	0	-1	2	0	1	0	0	0	0	0	0

El Tablero No. 3, representa la solución óptima para el centro decisor, dado que no puede mejorar nada sin empeorar metas de niveles superiores. Por tanto la solución al modelo original sería:

Tabla Nº 84. Solución óptima. Método Simplex Multifase

Variable	Valor
X_1	0
X_2	133.33
N_1	33.33
N_2	0
N_3	266.67
N_4	300
N_5	66.67
$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$	0

Puede observarse que estos resultados son los mismos que se obtienen en la aplicación del Método Secuencial, teniendo en cuenta que no se ha empleado la estrategia de eliminar columnas.

Por lo tanto la solución al modelo original es:

$X_1^* = 0$; $X_2^* = 133.33$; $a^* = (0 , 0 , 0 , 266.67)$.

$X_2^* = 133.33$. Valor que asume la variable Línea de Producción, Conservas de frutas; para los diferentes niveles de prioridad con relación a cada atributo.

Vector de Logro Óptimo $a^* = [0, 0, 0, 266.67]$. Con esta solución se permite el logro completo de las metas para el centro decisor: Capacidad de Producción, Línea de pulpa; en 300 kilogramos/día y línea de conservas, 200 kilogramos/día. Inversión de $300 millones para la ejecución del proyecto y con relación al Margen Bruto, se alcanzan a obtener $400.000 diarios; estas metas forman las tres primeras prioridades para la Junta Directiva del Fondo de Empleados. En este vector resultante se puede observar que no se satisface la meta referente al Empleo, puesto que el proyecto no ocupa 267 personas de la región.

4.2.3 Otros Procedimientos

Usualmente los métodos empleados para minimizar variables de desviación no deseadas, son los enfoque basados en Metas Ponderadas y en Metas Lexicográficas, sin embargo existen otros métodos minimizadores alternos. Estos métodos alternativos, son denominados la Programación por Metas Mínimax y la Programación Multimetas. En este apartado sólo se hará un referente respecto a estos métodos:

La Programación por Metas Mínimax.

Este método busca la minimización de la máxima desviación de entre todas las desviaciones posibles. Su estructura matemática es la siguiente:

Tabla Nº 85. Estructura matemática. Programación por Metas Mínimax

Min d
Sujeta a:
$\alpha_i N_i + \beta_i P_i \leq d$
$f_i(x) + N_i - P_i = t_i$

De ésta estructura matemática, se determina que d es la máxima desviación, los valores α_i y β_i son los denominados coeficientes normalizadores y a su vez indican las preferencias relativas del centro decisor. Si en la meta i-ésima la variable de desviación no deseada, fuera la variable negativa (N_i), β_i tomaría el valor de cero en la respectiva meta; en caso contrario, si fuese la variable positiva (P_i), la no deseada; α_i tomaría el valor de cero.

Se puede entonces plantear que entre este enfoque de la Programación por Metas Mínimax y la Programación Compromiso existe una equivalencia perfecta, ya que

en el Mínimax los niveles de aspiración para el centro decisor se han fijado en sus ideales y un modelo de Programación Compromiso para le métrica, $\rho = \infty$

La Programación Multimetas.

Conocida como multigoal programming, es el resultado de una mezcla entre la Programación por Metas y la Programación Multiobjetivo, es decir, el procedimiento minimiza las variables de desviación no deseadas en un sentido no lexicográfico sino de Programación Multiobjetivo.

En este enfoque se cambia el deseo de satisfacer varias metas de parte del centro decisor (lógica "satisfaciente"), según lo planteado por Herbert A. Simon al hacerse uso de la Programación por Metas, con el fuerte y sólido concepto de la lógica Paretiana (lógica optimizante con objetivos múltiples) cuando se aplica la Programación Multiobjetivo.

Se puede decir entonces, que la Programación Multimetas, posee un atractivo en el campo de la toma de decisiones, ya que es uno de los enfoques multiobjetivo menos desarrollado a nivel teórico como en el campo de la aplicación.

5. PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO MULTIOBJETIVO PARA TOMA DE DECISIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

Una vez analizados los principales modelos multiobjetivos, que en su integralidad y dinámica según lo expuesto en este trabajo de investigación permiten coadyuvar al proceso de toma de decisiones en organizaciones de la Economía Solidaria y puesto que ya se dispone de todas las herramientas necesarias, sería interesante para el programa de la Maestría en Administración, en el corto plazo desarrollar por intermedio de un semillero de investigación en el que se cuente con la participación de estudiantes de la Universidad Nacional Sede Manizales, del Programa Curricular de Administración de Sistemas Informáticos por intermedio del GTA Grupo de Ambientes Inteligentes Adaptativos (GAIA); el análisis, diseño e implementación de una herramienta informática para la toma de decisiones fundamentada en un modelo matemático multiobjetivo.

Esta herramienta informática de ayuda a la decisión, fundamentada en los modelos multiobjetivos, debe buscar proveer las bases más objetivas y cuantitativas posibles, con el fin de apreciar mejor los diversos factores o variables que intervienen en un problema de decisión para las instancias directivas de las Cooperativas de Trabajo Asociado y Fondos de Empleados; que les permita a través de un modelo matemático multiobjetivo (algoritmo) encontrar una solución óptima entre varias posibles. Algoritmo que facilitará al centro decisor (instancia

directiva) de la forma solidaria, estructurar diversos cursos de acción, analizando y comparando los diversos factores que intervienen en él, cada uno aplicado en los principales grados o niveles en que se pueda utilizar; bajo una serie de formulaciones matemáticas en las cuales puede apreciarse la relación entre las diversas combinaciones de los factores, en una forma más técnica, objetiva y cuantitativa.

5.2 ESTRUCTURA DEL ALGORITMO

Por la naturaleza de las organizaciones solidarias seleccionadas para éste trabajo de investigación; Cooperativas de Trabajo Asociado, en donde su principal función radica en la selección de candidatos para la prestación de trabajo asociativo en unidades empresariales de cualquier tipología y Fondos de Empleados, siendo su función principal el beneficio del crédito; sin olvidar que ambas formas solidarias buscan el beneficio social para sus asociados y beneficiarios a través de sus dinámicas administrativas, se hace necesario tener en cuenta para el análisis, diseño e implementación de la herramienta informática que coadyuvará en el proceso de toma de decisiones de éstas, para que logren ser coopetitivas en el entorno regional, que la herramienta en mención tenga dos rutinas fundamentadas en modelos matemáticos de enfoque multiobjetivo:

1. Selección de candidatos.
2. Selección de otras alternativas.

5.2.1 Selección de Candidatos

Esta rutina permite al centro decisor de una Cooperativa de Trabajo Asociado, facilitarle por medio de un Modelo de Programación Matemática, como el que se va a plantear en este capítulo, que tenga en cuenta los principales factores, que le

orienten en la selección de un asociado para que preste sus servicios en una empresa en función de las necesidades y lo pactado en la negociación.

El modelo matemático para éste proceso de selección de candidatos, se soporta en el Método Multicriterio Lexicográfico con algunas adaptaciones resultado de la investigación, el cual está constituido por una serie de variables, que nos permitan en sus iteraciones la selección de un candidato o alternativa aceptable o satisfactoria para el conjunto de criterios establecidos por el centro decisor, lo que expresa la efectividad del proceso como una función de un grupo de variables, bajo la siguiente formulación:

$$\mathbf{Sc = f\ (Ai\ ,\ Cn\ ,\ Wj)}$$

En donde:

S_c = Candidato A_i en su respectivo orden a ser seleccionado, según la valoración de los diversos criterios C_n y asignación de pesos W_j, definidos por el centro decisor.

A_i = n-ésimo número de candidatos participantes en el proceso de selección.

i = 1,2, ….,n.

C_n = Criterios de valoración cualitativa o cuantitativa (máximos o mínimos), definidos por el centro decisor para el proceso de selección. n = 1,2, …., m.

W_j = Ponderación de pesos, acorde a la importancia relativa que para el centro decisor tiene cada criterio C_n.

Formulación que permite al centro decisor de una Cooperativa de Trabajo Asociado, teniendo en cuenta los diferentes criterios y ponderando la importancia relativa de cada uno de ellos, decidir cual es la mejor alternativa según el siguiente algoritmo:

Algoritmo Propuesto:

Paso 1: Identificación de Atributos.

El decisor identifica los atributos Ai participantes en el proceso de selección.

i = 1,….,n.

Paso 2: Identificación de Criterios.

El centro decisor define los criterios C_n de evaluación, identificando si es un Máximo o un Mínimo; los cuales tienen una respectiva escala de valoración (escala cuantitativa continua) que estará en el intervalo [0 , 100].

Paso 3: Construcción de la Matriz de Decisión.

Se construye la primera Matriz de Decisión, con la información registrada en los pasos 1 y 2, para cada atributo A_i y para los diversos criterios C_n.

Paso 4: Análisis de Dominación y Satisfacción.

Se procede a seleccionar de la primera Matriz de Decisión obtenida en el paso 3, las alternativas A_i óptimas y satisfactorias para obtener la segunda Matriz de decisión, según el siguiente proceso:

1. Se observa si existe una alternativa dominante, de serlo así, ésta será la mejor elección.
2. Las alternativas no dominadas, constituyen los óptimos de Pareto o alternativas eficientes.
3. Se eliminan las alternativas dominadas. Para esto se define un umbral de satisfacción (Uj) por parte del decisor, eliminándose las alternativas que están debajo de este umbral; por defecto el resto de criterios tendrán el nivel más bajo - nivel de satisfacción - Este procedimiento en el campo de la decisión multiobjetivo es conocido como Preanálisis de Dominación, ya que en él se identifican las alternativas dominadas por parte del decisor, para ser eliminadas de la matriz de decisión.

Paso 5: Normalización de las evaluaciones en cada criterio por columnas.

Se le facilitará al centro decisor el cálculo para normalizar las evaluaciones en cada columna, de la segunda Matriz de Decisión según el siguiente procedimiento:

Se efectúa por medio de la normalización de las evaluaciones a_{ij} (0,1) hechas por el decisor, teniendo en cuenta que la mejor evaluación es la que este más próxima a 1. Este proceso de normalización se lleva a cabo por:

1) Suma por columnas: Total de criterios ($a_i / \sum a_i$). En el caso de la minimización de un criterio C_n, este proceso es equivalente a maximizar las inversas de las evaluaciones originales de las alternativas, es decir $1 / a_{ij}$.

Paso 6: Asignación de pesos normalizados.

El centro decisor asignará la importancia relativa o pesos W_j a cada criterio C_n, según la estructura del Método de los Eigenpesos o Proceso de Análisis Jerárquico (AHP):

1. Asignación de un vector de pesos W_j, a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio.
2. Comparación de cada criterio C_i con cada criterio C_j, para obtener valores a_{ij} diferentes a la evaluación de las alternativas A_{ij}. Estos criterios se agrupan en una matriz cuadrada de orden n, la cual es denominada Matriz de Comparaciones Binarias.
3. Estimación de coeficientes a_{ij}.
4. Comparación del criterio a_{ji}, se evalúa a través de $a_{ij} = 1 / a_{ji}$
5. Estimación de criterios C_{ij}, i = j tendrán siempre un valor de uno, para conformar así la diagonal principal.
6. Estimación del <u>Coeficiente de Consistencia</u> (C.I.) a través de la siguiente formulación:

C.I. = (δ Max. – n) / n – 1, n = Número de criterios en la decisión.

7. Evaluación del Ratio de Inconsistencia (R.I.) teniendo como base el Coeficiente de Inconsistencia Aleatoria (C.I.A.).
8. Determinación del Ratio de Inconsistencia por medio de la siguiente ecuación: R.I. = (1 / C.I.A.) * C.I. para lo cual, sí R.I. < 10%, es aceptable el Proceso de Análisis Jerárquico llevado a cabo para la determinación de los respectivos pesos W_j o autovector dominante.

Paso 7: Selección Alternativa aceptable o satisfactoria.

Para este paso se aplicará el Método Multicriterio Lexicográfico, pero teniendo en cuenta algunas adaptaciones resultantes de la investigación cuyo procedimiento es el siguiente:

1. Se parte de la Matriz de Decisión Normalizada, resultante de los procesos del Análisis de Dominación y Satisfacción (paso 5) además de la asignación de pesos W_j para los criterios C_n según lo explicado en el (paso 6); que son valores correspondientes a la importancia o peso que tiene en el Proceso de Selección, cada criterio para el centro decisor.
2. Se procede a ordenar la matriz por criterios C_n normalizados según el orden de importancia de los pesos W_j.
3. Se toma el criterio C_n con mayor peso W_j y se proceden a ordenar las alternativas según este criterio, para dirimir los empates entre alternativas A_i se utiliza el segundo criterio en importancia.
4. Para el primer criterio C_n, se evalúa cual alternativa A_i tiene el menor valor normalizado, lo que permite que sea descartada para la decisión final. En caso de presentarse empates en este primer criterio, se procederá a igual análisis con el criterio C_{n+1}
5. Se parte de una nueva Matriz de Decisión originada en el punto anterior, en la cual se analiza para cada criterio C_n a partir del criterio que dirime los empates que alternativas A_i satisfacen el conjunto de criterios establecidos por el centro decisor.

5.2.2 Selección de Alternativas

La rutina permite al centro decisor de una Cooperativa de Trabajo Asociado o de un Fondo de Empleados, facilitar por medio de un Modelo de Programación

Matemática, como el que se pretende plantear en este acápite, que tenga en cuenta los diferentes factores, que le permitan a un Consejo de Administración o a una Junta Directiva, decidir en torno a situaciones diversas o alternativas, con relación a un curso de acción que tenga como propósito aumentar los niveles de gestión de la organización, satisfacción y bienestar de los asociados y su grupo familiar; por medio de inversiones que estén enmarcadas en el contexto del Proyecto Educativo Socioempresarial (PESEM) de la empresa solidaria.

El modelo matemático para éste proceso de selección de alternativas, en la Programación Lineal Multiobjetivo con algunas adaptaciones, teniendo en cuenta que de todas las técnicas que la integran, se hace indispensable para esta rutina la Programación por Metas Ponderadas, debido a que resulta más operativa que los modelos usuales para la solución de este tipo de problemas (Problemas con un número finito e infinito de alternativas). El modelo constituido por una serie de variables, permite en sus interacciones la selección de una alternativa aceptable o satisfactoria, en el conjunto de criterios establecidos por la instancia directiva y la efectividad del proceso como función de un conjunto de variables, según la siguiente formulación:

$$\mathbf{S_a = f\ (A_i\ ,\ M_i\ ,\ W_j\ ,\ t_i)}$$

En donde:

S_a = Atributo o alternativa A_i en su respectivo orden a ser seleccionado (a), según la tipología de la meta M_i, la asignación de pesos W_j, el nivel de aspiración o de logro t_i del centro decisor.

A_i = n-ésimo número de atributos, de la estructura matemática multiobjetivo.

i = 1,2, ….,n.

M_i = n-ésimo número de metas, que conforman la estructura matemática multiobjetivo.

i = 1,2, ….,n.

W_j = Ponderación de pesos, acorde a la importancia relativa que el centro decisor desee asignar a la realización de cada meta.
t_i = Niveles de aspiración o de logro, acordes al objetivo del centro decisor o a las correspondientes restricciones planteadas en el proceso de la toma de decisiones.

La formulación propuesta, permite que el centro decisor (Consejo de Administración o Junta Directiva) construya la estructura matemática multiobjetivo en relación con los distintos objetivos, surgiendo así una Técnica con Información a Priori, dentro de la cual se encuentra la Programación por Metas, la cual analiza la existencia de una alternativa, denominada satisfactoria que alcanza los niveles de aspiración o de logros establecidos por el decisor en su proceso de toma de decisiones. El algoritmo permite al centro decisor sumar las funciones de realización relacionadas con cada meta, asociando previamente a cada una de ellas un peso, W_j, que representa la importancia relativa que para el decisor tenga el incumplimiento de la meta, M_i.
Algoritmo Propuesto:

FASE A: Estructura General Modelo de Programación por Metas.
Paso 1: Identificación de Atributos.
El centro decisor identifica los atributos, que se consideran relevantes para el problema de decisión. Estos atributos son características intrínsecas de las alternativas A_i susceptibles de ser medidas, puesto que son la base para el proceso de toma de decisiones.

Paso 2: Asignación de Niveles de Aspiración.
El centro decisor, define los niveles de aspiración o de logro que corresponden a cada atributo y que se desean alcanzar en el proceso de toma de decisiones, los cuales deben satisfacerse en la medida de lo posible (Se tiene en cuenta el

objetivo del centro decisor o el término independiente de la correspondiente restricción).

Paso 3: Construcción de Metas.

Se procede a relacionar los atributos con las metas M_i, en las cuales el nivel de aspiración t_i, asignado por el centro decisor representará un equilibrio aceptable de logro para el correspondiente atributo. (Siendo la combinación de un atributo con un nivel de aspiración la formulación matemática que da origen a una meta).

Para el atributo i-ésimo se tendrá la función matemática de la respectiva meta:

$$\mathbf{f_i\ (X) + N_i\ - P_i\ = t_i}\ \text{ de la cual:}$$

f_i (X) : Expresión matemática del atributo i-ésimo.

t_i : Nivel de aspiración del decisor.

N_i : Variable de desviación negativa, la cual cuantifica la cantidad de logro de una meta con respecto a su nivel de aspiración.

P_i : Variable de desviación positiva, la cual cuantifica el exceso de logro de una meta con respecto a su nivel de aspiración.

Paso 4: Identificación de Variables de Desviación a Minimizar.

Con la información del paso 3, se identifican las variables de desviación a minimizar acorde a la tipología de la meta, M_i.

Paso 5: Estructura Matemática Multiobjetivo en la Programación por Metas.

Se construye la estructura del modelo de Programación por Metas, en el cual se identifican:

a) X_i, Variables de decisión.
b) Número de la meta, M_i.
c) Nombre del atributo asociado a la meta, M_i.
d) F_i (X), expresión matemática del atributo asociado a la meta, M_i.
e) Variable de desviación a minimizar de acuerdo al tipo de meta, M_i.

FASE B: Solución del Problema de Decisión por Programación de Metas Ponderadas.

Paso 6: Planteamiento Ecuación que Minimiza Variables Desviación no Deseadas.

Se plantea la ecuación que minimiza la suma de las variables de desviación no deseadas, identificadas en el paso 5, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$MIN\ P_i\ .....\ +\ .....\ N_i$$

Paso 7: Minimización de la Suma de Desviaciones Porcentuales.

Como la expresión del paso 6, es la suma de variables medidas en distintas unidades, lo cual no tiene sentido y además los valores absolutos de los niveles de aspiración del decisor son diferentes; se podrían obtener soluciones sesgadas hacia las metas M_i, con niveles de aspiración elevados. Para lo cual en vez de minimizar la suma de desviaciones absolutas, minimizamos la suma de las desviaciones porcentuales:

$$MIN\ (100\ P_i / t_i)\ .....\ +\ .....\ (100\ N_i / t_i)$$

Paso 8: Ponderación de Pesos.

Debido a que los porcentajes carecen de dimensión, la suma de la expresión matemática del paso 7, no presenta ningún problema de homogeneidad, además éste procedimiento de normalización garantiza eliminar cualquier sesgo hacia el cumplimiento de metas con niveles de aspiración elevados. Sin embargo, en la formulación anterior se considera que el decisor está dando igual importancia a las metas en cuestión, lo que no tiene que ser cierto necesariamente. Esto tiene solución cuando se plantea:

$$MIN\ W_j\ (P_i / t_i)\ .....\ +\ .....\ W_j\ (N_i / t_i)$$

Donde los coeficientes W_j (Pesos), ponderan la importancia relativa que el decisor desea asignar a la realización de cada meta, según la estructura del Modelo de Pattern. El Método de Pattern, asigna unos pesos específicos W_j o coeficientes de ponderación a los criterios que intervienen en la evaluación de las diferentes

alternativas A_i en función de la importancia relativa que tenga ese criterio para el decisor con relación a los demás según el siguiente procedimiento:

1. Se identifican los criterios C_n que se van a tener en cuenta para la decisión.
2. Proceder a obtener la valoración para cada criterio C_n según el nivel de importancia asignado por el decisor.
3. Se resuelve el sistema de ecuaciones resultantes, para obtener los valores de los respectivos pesos W_j.

Paso 9: Construcción del Modelo de Programación por Metas Ponderadas.

Se construye el Modelo de programación por Metas Ponderadas, teniendo como función principal de minimización, la obtenida en el paso 8, según la siguiente estructura:

$$\text{MIN } W_j (P_i / t_i) \text{ ..... + ... } W_j (N_i / t_i)$$

Sujeta a:

$$\text{Atributo: } f_i (X) + N_i - P_i = t_i$$

$$N_i , P_i \geq 0$$

Paso 10: Solución al Problema de Decisión.

Como se obtiene un modelo de Programación Lineal Tradicional, por lo tanto se puede resolver por el Algoritmo Simplex; para diversos pesos (W_j) se irán generando diferentes soluciones, si el decisor da igual importancia a todas las metas, los W_j asumen el valor de 1.

CONCLUSIONES

1. La propuesta de éstos modelos matemáticos fundamentados en el Análisis Multicriterio, responden a la dinámica y complejidad creciente de los procesos de toma de decisiones que se llevan al interior de las organizaciones de la Economía Social de la región, que tanto necesitan desde la academia de desarrollos con el propósito de mejorar sus niveles de gestión en el entorno que les rodea.

2. La investigación realizada, parte de la premisa que el lector dispone de unos conocimientos básicos en matemáticas, estadística e investigación de operaciones. A pesar de ello, no es un trabajo difícil de leer ni tampoco incomprensible. Esto es debido, en gran parte, al desarrollo de una secuencia lógica en tablas que ayudan a comprender en una mejor forma los conceptos analizados.

3. Para llevar a cabo esta investigación se ha realizado una revisión de los principales modelos multicriterio, que en el contexto de la literatura, se han propuesto para seleccionar cursos de acción en el proceso de la toma de decisiones; construyendo a través de este trabajo sus dinámicas de operacionalización con el propósito de presentar sus principales ventajas y limitaciones.

4. El Análisis Multiobjetivo permite que se presenten nuevas metodologías de toma de decisiones, en especial la Programación por Metas, la cual soluciona problemas de decisión del análisis multiobjetivo continuo usando métodos de programación matemática como los expuestos en este trabajo.

5. Este trabajo de investigación cubre aspectos interesantes del proceso de toma de decisiones, muchos de los cuales han sido propuestos sólo recientemente, o se encuentran actualmente en desarrollo y discusión. Se espera que sea de utilidad y responda de esta manera a la dinámica y complejidad creciente de los procesos de toma de decisiones.

RECOMENDACIONES

1. Se espera que éste trabajo sirva a los estudiantes de pregrado y posgrado en el área de la Investigación de Operaciones, para despertar el interés por los aspectos menos conocidos del Análisis Multiobjetivo. El propósito es que se tengan elementos de análisis y de juicio apropiados para que la toma de decisiones sea lo más objetiva posible.

2. Se pretende que éste trabajo de investigación no se quede en los anaqueles de una biblioteca, sino que sea el generador y motivador para la creación de un Semillero de Investigación en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; en el campo del proceso de la toma de decisiones o en el área de la Investigación de Operaciones.

3. Es necesario continuar con el proceso iniciado en ésta investigación, para desarrollar en el mediano plazo un paquete informático, que permita la aplicación de los algoritmos propuestos en el proceso de toma de decisiones, con el propósito de ayudar en la gestión empresarial de cualquier tipología de organización.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARBA-ROMERO, Sergio y POMEROL, Jean-Charles. (1997). Decisiones Multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica. Servicio de publicaciones Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares.

2. BELLO P. Rafael y GAITÁN O. José. (1995). Tomando Decisiones basadas en el conocimiento. Editorial Universidad Cooperativa de Colombia.

3. CALVACHE R. Oscar. (2003). El Homo Asociativus. En: Uninotas. Órgano informativo Universidad Cooperativa de Colombia. Edición No. 41. Septiembre. Pág.16.

4. CAPRA. Fritjof. (1999). La Trama de la Vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Anagrama. Colección argumentos. Segunda edición. Barcelona.

5. CHARNES A., COOPER W. (1961). Management Models and Industrial Applications of Linear Programming. Jhon Wiley and Sons. New York.

6. CHICA S. Carlos A. (2002). La Cultura Solidaria. Documento de trabajo. Diplomado Formador de Formadores. Universidad Cooperativa de Colombia - Dansocial. Manizales.

7. DACCARETT, Enrique. (1994). Investigación de Operaciones. Publicaciones UIS. Primera edición. Bucaramanga.

8. DAVILA, Carlos. (1985). Teorías Organizacionales y Administración. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Bogotá. Colombia.

9. DE BRUYNE, Paúl. (1974). Teoría Moderna de la Administración de Empresas. Editorial Aguilar. Argentina.

10. DÍAZ O. Análida. (2000). Aspectos curriculares de la Economía Solidaria como núcleo problémico. Documento de trabajo. Universidad Cooperativa de Colombia. Pereira.

11. GARCÍA, Clara E. (2001). Análisis Económico de las Organizaciones: Enfoques y perspectivas. Alianza editorial S.A. Madrid.

12. GIRALDO I. Fabio y VIVIESCAS F. (1994). Colombia el despertar de la modernidad. Ediciones Foro Nacional por Colombia. Segunda edición. Santa Fe de Bogotá.

13. GOICOCHEA A., HANSEN D. R., DUCKSTEIN L. Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications. Jhon Wiley and Sons. New York. 1982.

14. HERNÁNDEZ. Carlos A. (1991). Galileo: Las matemáticas y el mundo. En: Revista Naturaleza, Educación y Ciencia. Número 5. Primer semestre 1991. Pág. 31-32.

15. IGNIZIO, J. P. (1976). Goal Programming and Extensions. Lexington Books. Massachusets.

16. JIMÉNEZ L. Guillermo. (1999). Investigación Operativa I. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

17. JIMÉNEZ L. Guillermo. (2004). Análisis Multicriterio. Documento de trabajo. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

18. KENDALL, M. (1970). Rank correlation methods. Charles Griffin. Londres. Cuarta edición.

19. KEPNER C., TREGOE J. (1981). The new rational manager. Charles Kepner Associates. Princenton, USA.

20. KNOLL A. L., ENGELBERG A. (1978). Weighting multiple objectives. The Churchman-Ackoff technique revisited. Computers and Operations Research. Vol.5. Páginas 165 – 177.

21. LEAL M. A., SÁNCHEZ A. M., ROLDÁN S. J. L., VÁSQUEZ S. A. E. Decisiones Empresariales con Criterios Múltiples. Editorial Pirámide. Madrid. 1995.

22. LEE, S. M. (1972). Goal Programming for Decisión Analysis. Auerbach Publishers. Filadelfia.

23. LEVINE P., POMEROL J. Ch. (1986). PRIAM, an interactive program for choosing among multiple attribute alternatives. European Journal of Operational Research. Vol. 25. Páginas 272 – 280.

24. Ley 454 de 1998. Marco Conceptual y regulatorio de la Economía Solidaria en Colombia. Diseño e impresión Servicios Coop. Siglo XXI.

25. LÓPEZ G, Francisco. (1998). Educación en Administración y Modas administrativas en Colombia. En: Revista Universidad Eafit. Enero-Marzo. No.109. p.60.

26. MEJÍA G. Nelson. (2002). Repensando la Administración y las Organizaciones. Documento de trabajo. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

27. MINTZBERG, Henry. (1993). El Trabajo de la Administración: Fantasías y realidades en el Proceso Estratégico. Prentice Hall. México.

28. MORGAN, Gareth. (1980). Imágenes de la Organización. Editorial Roma. Madrid.

29. NOGUERA DE E. Ana P. (2002). Notas de clase. Módulo, formas de razonamiento lógico: Sentidos y figuras de la razón en los procesos de conocimiento. Nivelatorio Maestría en Administración. Universidad Nacional Sede Manizales.

30. OSPINA H. Carlos A. (1989). Modernismo y Postmodernismo. Centro de publicaciones Universidad de Caldas. Manizales.

31. RIOS, Sixto. RIOS-INSUA, Sixto. RIOS-INSUA, María J. (1989). Procesos de Decisión Multicriterio. Ediciones de la Universidad Complutense S.A. EUDEMA. Madrid.

32. ROMERO, Carlos. (1993). Teoría de la Decisión Multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza Editorial S.A. Madrid.

33. ROY, Bernard. (1971). Problems and methods with multiple objective functions. Mathematical Programming. Vol. 1. Pág. 239 -266.

34. SAATY, Thomas. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw - Hill.

35. SIMON, Herbert A. (1955). A behavioral model of rational choice. Quaterly Journal of Economics. Vol. 69. Pág. 99 – 118.

36. SIMON, Herbert A. (1957). Repris dans Models of Man. Wiley. New York. Pág. 241 – 260.

37. SIMON Herbert A. (1964). El Comportamiento Administrativo. Estudio de los procesos decisorios en la organización administrativa. Segunda edición. Tipografía artística. Valencia.

38. STEUER R. E. Multiple Criteria Decision Making. North – Holland. New York. 1977.

39. VELANDIA M, Manuel A. (2003). El Pensamiento Sistémico. Documento de trabajo. Universidad Cooperativa de Colombia. Santa Fe de Bogotá.

40. YU P. L. Multiple Criteria Decision Making. Plenum Press. New York. 1985.

41. ZIONTS S. Multiple Criteria Decision Making. Theory and Applications. Springer – Verlag. Berlín. 1980.

42. ZELENY, M. (1982). Multiple criteria decision making. McGraw - Hill. New York.

43. www.unesco.org.uy/red-m/glosariom.htm.

44. www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf.

45. http://fmarrerodelgado.elgratissitio.com/metas.html.

ANEXO Nº 1

MARCO MUESTRAL

Cooperativas de Trabajo Asociado
FUENTE: Depósito y Registro del Ministerio de la Protección Social Dirección Territorial de Caldas; Grupo de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

NOMBRE	SIGLA	RESOLUCIÓN	ACTIVIDAD
CTA de Paramédicos	COOPARAMËDICOS	136/2003	Servicios médicos y de salud.
CTA de Servicios	ASEGURARSE	125/2003	Asesorías y varios.
CTA de Prestación de Servicios	ASESORES CTA	124/2003	Asesorías y varios.
Cooperativa de Trabajo Asociado	COOPERAMOS	099/2003	Prestación de servicios.
CTA Soluciones Técnicas Integrales	COOPSERVITECNICAS	051/2003	Prestación de servicios en sector producción.
Cooperativa de Trabajo Asociado	COOPSOFÏA	041/2003	Servicios médicos y de salud.
CTA de Alimentos de Manizales Ltda.	COODEAM	034/2003	Prestación de servicios en sector alimentos.
Cooperativa de Trabajo Asociado	PEDIACOOP	167/2002	Servicios médicos y de salud.
Cooperativa Metalmecánica de Trabajo Asociado	COMETA Ltda..	156/2002	Prestación de servicios en sector producción.
CTA Regional Manizales	CORREOS DE COLOMBIA CTA	141/2002	Prestación de servicios en encomiendas.
CTA Especializada en Vigilancia y Seguridad Privada de Colombia	COOPORECAL LTDA.	116/2002	Prestación de servicios en vigilancia privada.
CTA de Servicios Integrales Especiales	COOPSERVINTES	044/2002	Prestación de servicios generales.
Cooperativa de Trabajo Asociado	DIVERCOOP	018/2001	Prestación de servicios en juegos de azar.

Fondos de Empleados
FUENTE: Base de datos, Asociación Nacional de Fondos de Empleados – ANALFE; Regional Caldas.

NOMBRE	NIT	EMPRESA
F.E. Dane Regional	890.806.175-1	Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
F.E. de Actuar por Caldas	800.209.451-1	Actuar Famiempresas Caldas.
F.E. de Celar	810.002.831-1	Celar Ltda.
F.E. de Editorial la Patria	800.230.204-4	Editorial la Patria.
F.E. de la Dian	890.801.077-3	Dirección Nacional de Impuestos y Aduanas Nacionales.
F.E. de la Fiscalía General	800.243.125-7	Fiscalía General de la Nación.
F.E. de la Universidad de Manizales	890.806.625-2	Universidad de Manizales.
F.E. Profesores de la Universidad Nacional	890.803.056-8	Universidad Nacional de Colombia.
F.E Universidad de Caldas	8903801.733-7	Universidad de Caldas.
F.E de Iderna	890.800.306	Inversiones Iderna S.A.
F.E. Susuerte	810.004.664	Apuestas Susuerte S.A.
F.E. del Instituto Universitario de Caldas	800.163.986-8	Instituto Universitario de Caldas.

ENCUESTA

OBJETIVO:

La presente encuesta tiene como proposito indagar al interior de algunas organizaciones del sector de la Economia Solidaria, sobre el proceso de la toma de decisiones que hace parte de la investigacion: "**Propuesta de un modelo matemático multicriterio, para que la toma de decisiones en Fondos de Empleados y Cooperativas de Trabajo Asociado de Manizales coadyuve a la coopetitividad"**

Nombre de la empresa solidaria:

Cargo:

1. Marque el tipo de organización, según el sector de la Economia Solidaria a la que pertenezca:
   Fondo de Empleados __
   Cooperativa de Trabajo Asociado __

2. ¿Que instancias participan en el proceso de la toma de decisiones al interior de la organización?
   Asamblea General __
   Junta Directiva __
   Consejo de Administracion __
   Junta de Vigilancia __
   Revisoria Fiscal __
   Gerencia __
   Comites__
   Contador __
   Empleados__
   Secretaria __

3. ¿Cómo se realiza el proceso de toma de decisiones al interior de estas instancias?
   Solo deciden los organos de Administracion __
   Con participacion colectiva a traves de comites__
   Encuestando a los asociados para contar con su opinion __

4. Las decisiones adoptadas al interior de la Organización Solidaria afectan a:
   El asociado y sus beneficiarios __
   Las empresas de la region __
   Una empresa en especial __
   La comunidad __
   El estado __
   Los recursos naturales __

5. Para la toma de decisiones se apoyan en:
   Estados financieros __
   Encuestas a los asociados __
   Informacion del sector solidario__
   Continuación

   Plan de desarrollo__
   Asesores externos __

6. ¿Desearia la organización contar con una herramienta, que le facilite y le oriente en el proceso de la toma de decisiones?
   Si __
   No __

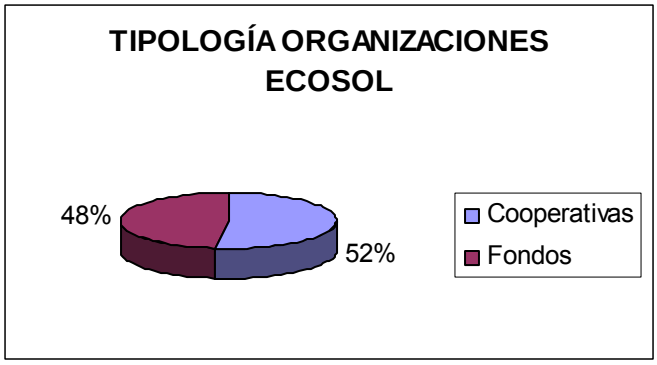
La informacion suministrada es confidencial y hace parte de la estrategia metodologica para la toma de informacion de la investigacion en beneficio del sector solidario.

ANEXO Nº 3

ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

La siguiente información hace referencia al análisis estadístico, resultante de la aplicación de la encuesta en organizaciones del sector de la Economía Solidaria cuyo ámbito de operaciones es la ciudad de Manizales.

1. Marque el tipo de organización, según el sector de la Economía Solidaria a la que pertenezca:
   Fondo de Empleados: 12
   Cooperativa de Trabajo Asociado: 13



Se puede observar que de un total de 25 organizaciones seleccionadas en el marco muestral, el 52% de ellas son Cooperativas de Trabajo Asociado y el 48% pertenecen a Fondos de Empleados.

De acuerdo al tipo de organización solidaria en la cual se aplicó el instrumento, se presenta el siguiente análisis de la encuesta:

Cooperativas de Trabajo Asociado

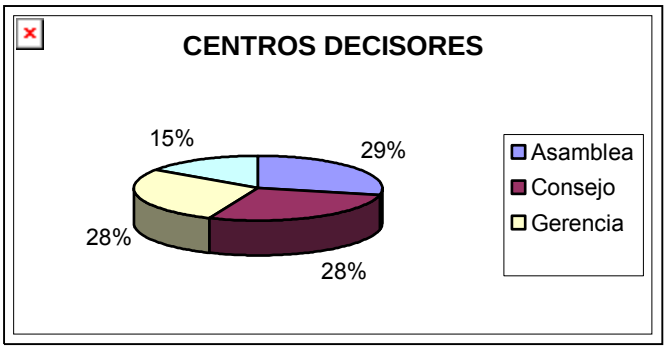
2. ¿Qué instancias participan en el proceso de la toma de decisiones al interior de la organización?

   Asamblea General: 13

   Consejo de Administracion: 13

   Gerencia: 13

   Comités: 7



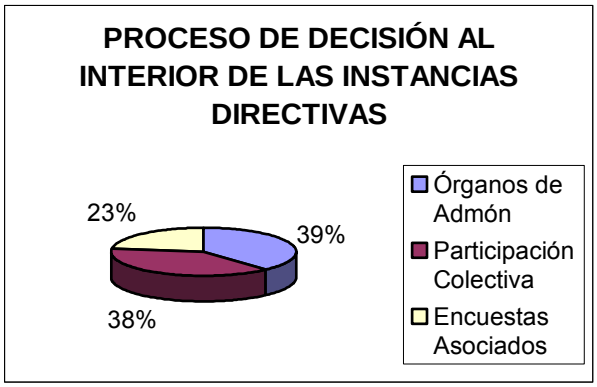
   Los centros decisores que participan en los procesos de la toma de decisiones en las Cooperativas de Trabajo Asociado, como lo expresan la normatividad vigente (Ley 79/88, Decreto 468/90) y las normas estatutarias, lo componen la Asamblea General, el Consejo de Administración y la Gerencia; en un 85%, acompañados en parte del proceso de toma de decisiones por Comités, lo que corresponde al 15%.

3. ¿Cómo se realiza el proceso de toma de decisiones al interior de estas instancias?

   Solo deciden los órganos de Administración: 5

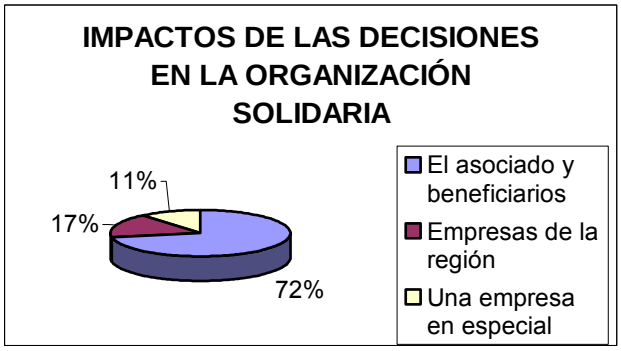
   Con participación colectiva a través de comités: 5

   Encuestando a los asociados para contar con su opinión: 3



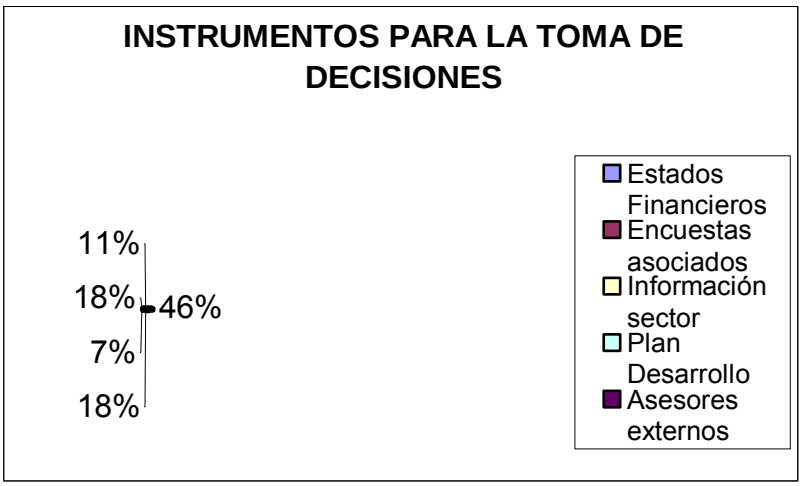
En este tipo de organizaciones el proceso de decisión en un 39% lo orientan sólo las instancias directivas, en un 38% este se fundamenta en la participación colectiva de varias instancias de la organización solidaria y un 23% del proceso de toma de decisión tiene en cuenta a los asociados por medio de encuestas.

4. Las decisiones adoptadas al interior de la Organización Solidaria afectan a:
   El asociado y sus beneficiarios: 13
   Las empresas de la región: 3
   Una empresa en especial: 2



Se observa que en esta tipología de organización, el 72% de las decisiones tiene impacto en el asociado y su grupo familiar; un 17% en algunas empresas de la región y el 11% restante en una sola empresa. Los impactos en las empresas se pueden determinar como la optimización en el manejo del recurso humano.

5. Para la toma de decisiones se apoyan en:
   Estados financieros: 13
   Encuestas a los asociados: 5
   Información del sector solidario: 2
   Plan de desarrollo: 5
   Asesores externos: 3



En las Cooperativas de Trabajo Asociado, las instancias directivas se apoyan para la toma de decisiones en instrumentos como: Los estados financieros con un 46%, las encuestas a los asociados 18%, el Plan de desarrollo (Pesem) con el 18%, la asesoría externa 11% y la información del Sector Solidario con un 7%.

6. ¿Desearía la organización contar con una herramienta, que le facilite y le oriente en el proceso de la toma de decisiones?

Si: 13

No: 0

El 100% de las organizaciones (Cooperativas de Trabajo Asociado) encuestadas, desea contar con una herramienta informática que les coadyuve en el proceso de la toma de decisiones para mejorar su coopetitividad en el entorno.

Fondos de Empleados

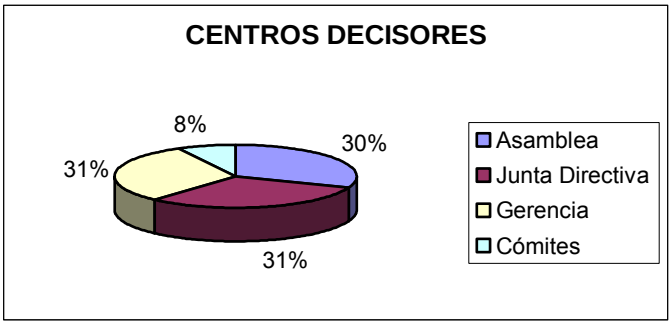
2. ¿Qué instancias participan en el proceso de la toma de decisiones al interior de la organización?

   Asamblea General: 12

   Junta Directiva: 12

   Gerencia: 12

   Comités: 3



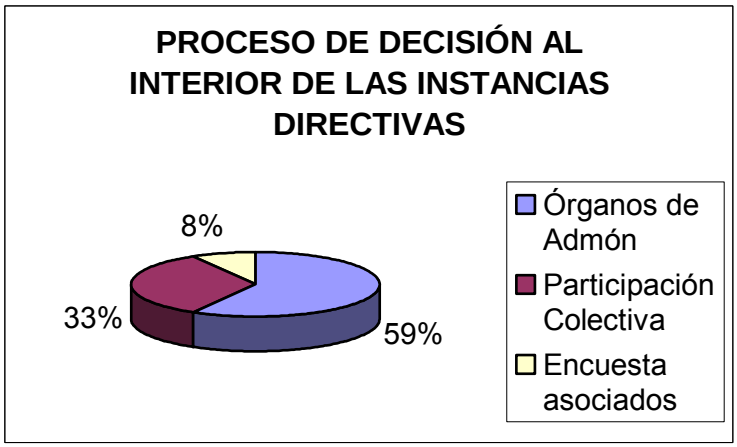
Los centros decisores que participan en los procesos de decisión en los Fondos de Empleados, según la normatividad vigente (Ley 79/88, Decreto 1481/89) y las normas estatutarias, los conforman la Asamblea General, la Junta Directiva y la Gerencia; con el 92%, los cuales están apoyados en una parte por los Comités, lo que corresponde a un 8%.

3. ¿Cómo se realiza el proceso de toma de decisiones al interior de estas instancias?

   Solo deciden los órganos de Administración: 7

   Con participación colectiva a través de comités: 4

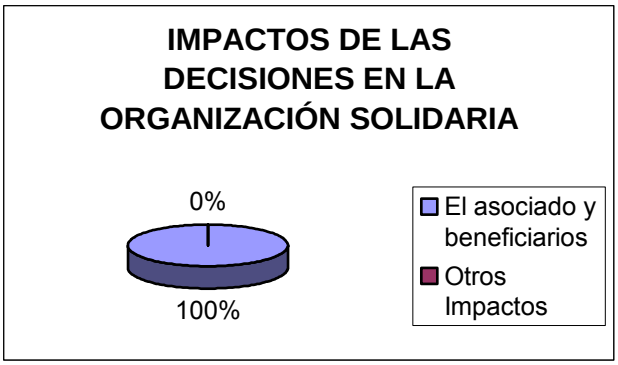
   Encuestando a los asociados para contar con su opinión: 1



En los Fondos de Empleados el proceso de la toma de decisiones lo orientan en el 59% las instancias directivas, en un 33% se cuenta con la participación

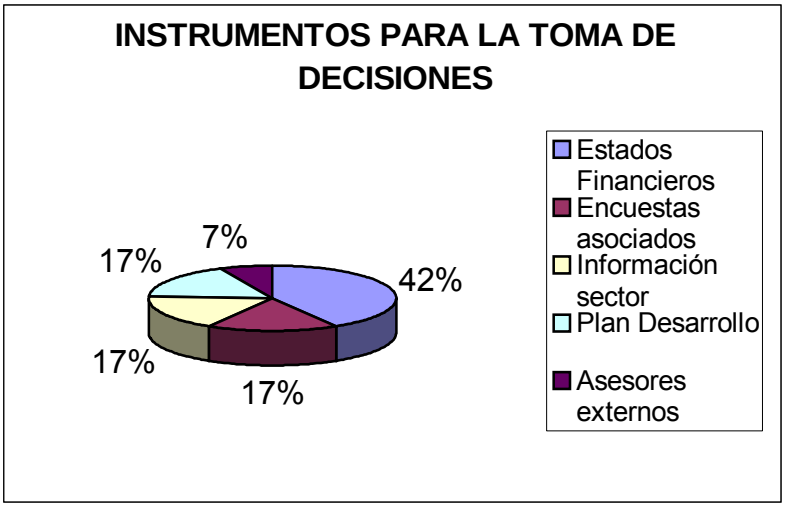
colectiva de varias instancias de la organización y un 8% del proceso de la toma de decisiones se tiene en cuenta a los asociados por medio de encuestas.

4. Las decisiones adoptadas al interior de la Organización Solidaria afectan a:
   El asociado y sus beneficiarios: 12



Se observa que en los Fondos de Empleados, el 100% de las decisiones tiene impacto en el asociado y sus beneficiarios.

5. Para la toma de decisiones se apoyan en:
   Estados financieros: 12
   Encuestas a los asociados: 5
   Información del sector solidario: 5
   Plan de desarrollo: 5
   Asesores externos: 2

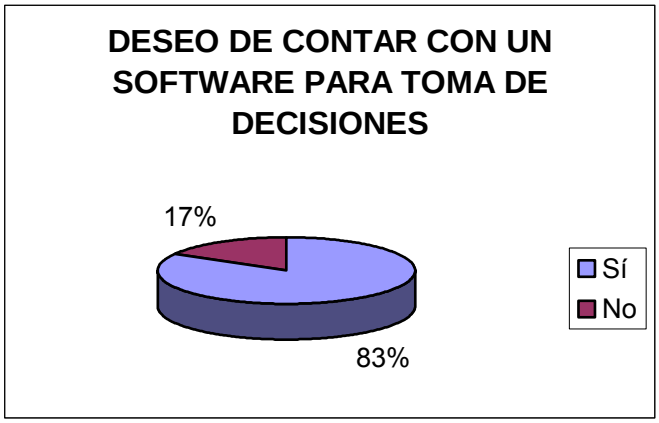


En los Fondos de Empleados, las instancias directivas se apoyan para el proceso de toma de decisiones en instrumentos tales como: Estados financieros con un 42%, encuestas a los asociados 17%, Plan de desarrollo (Pesem) 17%, la asesoría externa 7% y la información del Sector Solidario con un 17%.

6. ¿Desearía la organización contar con una herramienta, que le facilite y le oriente en el proceso de la toma de decisiones?

Si: 10

No: 2



El 83% de los Fondos de Empleados encuestados, desea contar con una herramienta informática que les coadyuve en el proceso de la toma de decisiones para mejorar su coopetitividad en el entorno, mientras que un 17% no muestra interés en esta herramienta.