

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FIMI**  
Facultad de  
Ingeniería Mecánica  
e Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

Aplicación de métodos multicriterio en los procesos de toma de decisiones en la Empresa de Confecciones y Calzado (CALCONF)

Autor: Dany Daniel Pérez Martínez

Tutores: Dr.C. Javier Alfonso Asencio García

Santa Clara, Junio, 2019  
Copyright©UCLV

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FIMI**  
Facultad de  
Ingeniería Mecánica  
e Industrial

Industrial Engineering Department

## **DIPLOMA THESIS**

Application of multicriteria methods in the decision making processes in  
the Apparel and Footwear Company (CALCONF)

Author: Dany Daniel Pérez Martínez

Thesis Directors: Dr.C. Javier Alfonso Asencio García

Santa Clara, June, 2019  
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

## *PENSAMIENTO*

*“Es la posibilidad de realizar un sueño lo que hace que la vida sea interesante”*

*Paulo Coelho*

## *DEDICATORIA*

*A mis padres por su apoyo incondicional y por su dedicación en todos estos años.*

## AGRADECIMIENTOS

*A toda mi familia que de una forma u otra siempre me han brindado su apoyo y se han preocupado por mí.*

*A mis compañeros por todos los momentos que compartimos a lo largo de estos años, en especial a Mari, Lisy, Anabel y Jorge.*

*Al claustro de profesores de la carrera Ingeniería Industrial, muchas gracias por aportarme tantos conocimientos.*

*A mi tutor Javier Asencio García por brindarme su apoyo en todo momento y dedicarme horas de su preciado tiempo.*

*Al personal de CALCONF por haberme dedicado su tiempo, en especial Ana quien fue mi tutora dentro de la empresa.*

*En general agradezco a todas aquellas personas que siempre me han brindado su ayuda y me han dado aliento para lograr cumplir esta meta.*

*A todos muchas gracias.*

**RESUMEN**

Los métodos multicriterio se han popularizado en las últimas décadas como una herramienta indispensable en el proceso de toma de decisiones empresariales por su gran dinamismo y acercamiento a la realidad. La presente investigación está encaminada a buscar una solución a problemas de planificación de la producción en la Empresa Provincial de Confecciones y Calzado (CALCONF), perteneciente al grupo empresarial VICLAR, que tiene como propósito la confección de productos textiles, calzados y sus derivados. Por esta razón se desarrolla un procedimiento metodológico y posterior aplicación de dos técnicas fundamentales de la programación multicriterio: la programación por metas y el método de las restricciones, técnicas que tienen características propias que las diferencian pero ambas brindan al centro decisor una plataforma que agiliza y mejora el proceso decisonal, aspecto tan importante en un entorno cada vez más dinámico y competitivo que obliga constantemente a tomar decisiones complejas de forma rápida y certera. Se maneja una filosofía de trabajo a través de un intercambio entre restricción funcional y función criterio: una restricción como función y una función como restricción.

**Palabras claves:** toma de decisiones, métodos multicriterio, programación por metas, método de las restricciones

**ABSTRACT**

Multicriteria methods have become popular in the last decades as an indispensable tool in the process of business decision making due to its great dynamism and approach to reality. The present investigation is aimed at finding a solution to problems of production planning in the Provincial Apparel and Footwear Company (CALCONF), belonging to the VICLAR business group, whose purpose is the manufacture of textile products, footwear and its derivatives. For this reason a methodological procedure and subsequent application of two fundamental techniques of multicriteria programming is developed: the programming by goals and the method of restrictions, techniques that have their own characteristics that differentiate them but both provide the decision-making center with a platform that speeds up and it improves the decisional process, an aspect that is so important in an increasingly dynamic and competitive environment that constantly forces us to make complex decisions quickly and accurately. A work philosophy is managed through an exchange between functional restriction and criterion function: a restriction as a function and a function as a restriction.

**Keywords:** decision making, multicriteria methods, goal programming, method of constraints

**INDICE**

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1. Teoría de la decisión .....	5
1.1.1. Proceso de toma de decisiones .....	6
1.2. Decisión Multicriterio .....	8
1.2.1. Conceptos y definiciones del paradigma decisional multicriterio.....	9
1.2.1.1. Sujetos del proceso de decisión.....	9
1.2.1.2. Elementos de paradigma multicriterio .....	10
1.2.2. Métodos multicriterio versus métodos monocriterios .....	13
1.2.3. Clasificación de los métodos multicriterio .....	15
1.3. Métodos multicriterio continuos .....	17
1.3.1. Técnicas generadoras del conjunto eficiente.....	19
1.3.1.1. Método de las ponderaciones .....	19
1.3.1.2. Método de las restricciones .....	20
1.3.1.3. Método simplex multicriterio.....	20
1.3.2. Métodos a priori .....	21
1.3.2.1. Programación compromiso.....	21
1.3.2.2. Programación por metas.....	21
1.3.3. Métodos interactivos .....	23
1.4. Métodos discretos.....	24
1.5. Elección de un método multicriterio .....	25
1.6. El sector textil en el contexto actual.....	27
1.7. Empresa de Confecciones y Calzado (CALCONF) .....	28
1.8. Conclusiones parciales .....	29
CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA TOMA DE DECISIONES CON ENFOQUE MULTICRITERIO CONTINUO .....	31
2.1. Identificación del problema.....	31
2.2. Formulación del modelo.....	33

---

2.3. Matriz de pago y conjunto eficiente .....	34
2.4. Aplicación de los métodos .....	35
2.4.1. Programación por metas .....	36
2.4.1.1. La programación por metas ponderadas .....	38
2.4.1.2. Programación por metas lexicográficas .....	39
2.4.1.3. Programación por metas MINIMAX .....	40
2.4.2. Método de las restricciones .....	41
2.5. Análisis de sensibilidad .....	42
2.6. Conclusiones parciales .....	44
<b>CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA TOMA DE DECISIONES CON ENFOQUE MULTICRITERIO .....</b>	<b>45</b>
3.1. Identificación del problema .....	45
3.2. Formulación del modelo .....	49
3.3. Matriz de pago y conjunto eficiente .....	50
3.4. Aplicación de los métodos multicriterio .....	52
3.4.1. Programación por metas ponderadas .....	52
3.4.2. Método de las restricciones .....	54
3.5. Análisis de sensibilidad .....	55
3.6. Conclusiones parciales .....	56
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>58</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones forma parte de la actividad cotidiana de cualquier individuo. Sin importar que estas obedezcan al ámbito personal o profesional, enfrentarse a situaciones en las que nos vemos obligados a elegir entre múltiples opciones es una parte crucial en nuestras vidas.

De acuerdo con Berumen y Llamazares Redondo (2007) en el ámbito empresarial la búsqueda por el logro de la eficiencia y la productividad está contribuyendo a adoptar metodologías de apoyo en la toma de decisiones, en general, y para el fomento de la competitividad, en particular. Las condiciones actuales que imperan en el entorno se distinguen por la rapidez y la intensidad con la que se suscitan los cambios, lo cual implica que los agentes económicos están obligados a tomar decisiones constantemente y a asumir sus consecuencias, razón por la que cada vez es más necesaria la utilización de metodologías que permitan reducir o atemperar el riesgo que suponen las conjeturas y supuestos improvisados en el afán de alcanzar mejores niveles de competitividad en el seno de las empresas.

Décadas atrás el entorno reinante posibilitaba que las empresas pudieran triunfar con estrategias poco dinámicas y con modelos de gestión tradicionales. La competencia no era agresiva y las ventajas competitivas se mantenían en el tiempo sin apenas dificultad. El cambio en el entorno no estaba previsto, no se aceptaba y tampoco se controlaba. En la actualidad las cosas han cambiado, “se ha vuelto cada vez más difícil ver el mundo que nos rodea de forma unidimensional y utilizar un solo criterio al juzgar lo que vemos” (Zeleny, 1982), como lo refleja Cabello Herce (2017) el entorno se ha ido acelerando progresivamente como respuesta a la necesidad de adaptación continua, en un ámbito extremadamente dinámico y competitivo, donde el cambio es el factor esencial y los problemas que se presentan se caracterizan por su complejidad.

Los centros decisores cuya racionalidad queda adecuadamente reflejada por el paradigma tradicional de optimización se definen según Romero (1996) como entes abstractos cuyo comportamiento queda considerablemente alejado del que realmente siguen los centros decisores de carne y hueso que pueblan el mundo en el que vivimos.

Todo esto, sumado a la urgente necesidad de hacer organizaciones eficientes, la responsabilidad de ahorrar recursos energéticos, la necesidad de utilizar racionalmente los recursos, para dar satisfacción a un cliente cada vez más exigente, consciente y preparado da como resultado que investigadores de diferentes áreas, principalmente del campo de la investigación operativa, desarrollen un paradigma alternativo al tradicional, el enfoque multicriterio, que permite acomodar con mayor precisión los procesos reales de decisión.

En la conceptualización de este enfoque se afirma según Romero (1993) que los agentes económicos no optimizan sus decisiones con base en un solo objetivo, sino que por el contrario, pretenden buscar un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos usualmente en conflicto o bien, pretenden satisfacer en la medida de lo posible, una serie de metas asociadas a dichos objetivos.

La amplia gama de métodos para la toma de decisiones multicriterio que se han ido desarrollando de manera paulatina poseen un numeroso grupo de bondades en los procesos de administración empresariales. En el contexto actual se define:

*“un proceso de toma de decisiones en el nuevo siglo que no contemple el uso de la simulación y la decisión multicriterio en todos los campos si será lo que muchos dicen el Armagedón y nos convertirá en mentes primitivas que nunca lograrán la competitividad y la tan añorada excelencia empresarial”*(Asencio García, 2000)

Las empresas cubanas en la actualidad no están ajenas a esta realidad, aunque la aplicación de este tipo de técnicas en el país es bastante escasa, motivos por el cual se desarrolla esta investigación y que incluye el uso de técnicas tales como: la programación por metas y el método de las restricciones.

El objeto de estudio de esta investigación es la Empresa Provincial de Confecciones y Calzado (CALCONF), que tiene como propósito la confección de productos textiles, calzados y sus derivados, uno de sus principales renglones es la producción de guayaberas tradicionales de alta calidad que son comercializados en el mercado nacional, las cantidades a producir de cada modelo son determinadas por los pedidos que realizan los clientes, la entidad posee una tienda para la cual se confeccionan guayaberas destinadas a la venta directa al público, actualmente

no se cuenta con un mecanismo que respalde las decisiones referentes a la planificación productiva de cada uno de los modelos del producto.

Todos estos elementos que se describen anteriormente en dicha entidad constituye la **situación problemática** que se abordara en la presente investigación.

Teniendo en cuenta todo lo planteado el **problema de investigación** a resolver es: ¿Cómo contribuir al mejoramiento de los procesos de toma de decisiones en la organización mediante el uso de métodos multicriterio que garanticen la pluralidad decisional?

En correspondencia con el mismo se formuló el siguiente **objetivo general**: desarrollar un procedimiento de trabajo que posibilite el proceso de toma de decisiones en la organización basado en la aplicación de métodos multicriterio.

Para su cumplimiento, el objetivo general es desglosado en los objetivos específicos siguientes:

1. Establecer los fundamentos teóricos que sustentan la investigación tomando como referencia los métodos para la toma de decisiones multicriterio y su aplicación en el contexto empresarial actual.
2. Definir el procedimiento metodológico que se pretende implementar para la toma de decisiones en el proceso de producción.
3. Desarrollar el procedimiento mediante la aplicación de técnicas para la toma de decisiones multicriterio y el análisis de los resultados expuestos.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaran métodos de análisis y síntesis, la metodología general de problemas vinculada con la investigación de operaciones, herramientas decisionales específicas entre otros.

Su valor práctico radica en la factibilidad y pertinencia demostrada de poder implementar el procedimiento con resultados satisfactorios y de perspectiva alentadora para su continuidad en otros tipos de organización.

El valor teórico de esta investigación radica en sistematizar un conjunto de los elementos más relevantes sobre el tema de estudio, permitiendo su uso como un documento de consulta para

aquellas personas interesadas en la aplicación de Métodos de Decisión Multicriterio; así como el conjunto de posibilidades de adaptación y de aplicación a diversas situaciones.

El valor metodológico se manifiesta en la posibilidad de integrar diferentes conceptos y herramientas en los procedimientos desarrollados para evaluar el desempeño de la organización. De la misma forma, los procedimientos y experiencias de este trabajo pueden ser incorporadas en la enseñanza de pregrado y postgrado de la disciplina Matemática Aplicada.

El valor social radica en los beneficios tangibles e intangibles que implican la introducción de los resultados obtenidos en el proceso escogido que permitirá un mayor desarrollo para la empresa objeto de estudio.

Para su presentación este trabajo de diploma se estructura en tres capítulos. En el capítulo I se lleva a cabo una revisión bibliográfica para la construcción del marco teórico referencial que sustenta la investigación, en el capítulo II se evidencia la metodología necesaria para el desarrollo de los métodos multicriterio seleccionados y el capítulo III se destina a la aplicación de la metodología en función del mejoramiento del proceso de toma de decisiones en la empresa. Además se incluyen las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación, las referencias bibliográficas y finalmente un grupo de anexos de necesaria inclusión, como complemento a los resultados expuestos.

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo persigue como objetivo principal ofrecer el resultado del estudio bibliográfico realizado con el fin de analizar los fundamentos teóricos y prácticos, que constituyen las bases que sustentan teóricamente la investigación. En este sentido se consultó de forma minuciosa la literatura especializada y actualizada tanto nacional como internacional acorde al análisis lógico-secuencial planificado en la construcción del marco teórico, cuyo hilo conductor se muestra en la **Figura 1.1**



**Figura 1.1.** Hilo conductor del marco teórico referencial

### 1.1. Teoría de la decisión

El estudio científico de métodos y técnicas de decisión adecuadas para tomar decisiones óptimas o satisfactorias constituye la Teoría de la Decisión. La estadística es considerada por algunos como la parte de la Teoría de la Decisión que afronta los problemas de decisión en condiciones de incertidumbre. Pero hay muchos otros aspectos que escapan a este campo de estudio tan restringido.

La observación de la realidad de las decisiones humanas individuales o colectivas demuestra la inevitable necesidad de tener en cuenta los aspectos subjetivos y por ello, a través de la historia, se han ido modificando los puntos de vista para llegar a modelizaciones que permitan, fundamentándose en axiomas, reflejar de la mejor manera posible lo que genéricamente se conoce como comportamiento racional.

La decisión es pues, un problema contemporáneo de primera importancia. Inversamente, muchas de las crisis de nuestro tiempo son problemas de decisión social. La aproximación al tema de la decisión debe hacerse desde una óptica multidisciplinaria, que en opinión de algunos consiste en una especie de pensamiento estratificado. Este pensamiento estratificado puede considerarse como una forma de hacer filosofía. La decisión nos conduce directamente a cuestiones fundamentales relativas a la existencia humana.

Un análisis profundo de los comportamientos decisionales nos muestra que en la sociedad existen verdaderos síntomas de dolencias de la decisión. Decidir implica un esfuerzo, correr riesgos, romper con esquemas prefijados, etc. La decisión no es un acto abstracto, sino un poder de creación, una fuerza generadora de realidades nuevas (Fernández Barberis y Escribano Ródenas, 2013).

### **1.1.1. Proceso de toma de decisiones**

En el proceso de toma de decisiones, si bien la selección de las variables relevantes constituye un paso difícil e importante, la definición de los criterios de decisión y las metas, así como su interrelación con las variables para dar lugar a la formulación del modelo, representan un elemento vital para la obtención de una solución permeada de alternativas, ya sea por variación de los valores de los parámetros del sistema o por proyecciones futuras del objeto que generarán un conjunto de opciones, permitiendo que los directivos de la organización seleccionen la más satisfactoria, pertinente y consecuente con las metas establecidas. Estas redundan, finalmente, en la asignación de las tareas y de una guía para su realización. La complejidad del proceso de toma de decisiones y la manera en que se realiza la elección de la mejor alternativa, constituyen una de las premisas para la obtención de una solución de compromiso (Marrero Delgado et al., 2014).

De acuerdo con Simon (1977), todo proceso de toma de decisiones se debe llevar a cabo fundamentalmente en al menos estas cuatro etapas o fases: (1) recogida de información; (2) diseño; (3) selección del procedimiento de resolución; y (4) revisión.

La toma de decisiones comienza con la etapa inicial de recogida de información, es decir, con la obtención de los datos necesarios para poder definir correctamente las variables de decisión, los criterios (atributos, objetivos y metas), las funciones objetivos y las restricciones del problema. Continúa con la etapa de diseño, en la cual se construye el modelo y se determinan las diferentes soluciones, estrategias o elecciones de acción disponible para el decisor (o sea, el conjunto de alternativas factibles). Le sigue la etapa de selección, en la que se elige una de las alternativas en base a algún tipo de criterio establecido a priori. Y termina con la etapa de revisión, en la cual se lleva a cabo la validación de los resultados obtenidos.

Según nos indica Asencio Garcia (2012) para la clasificación de los problemas en el proceso de toma de decisiones se pueden adoptar diferentes esquemas.

Según el campo de la ciencia que abarcan:

- Problema matemático
- Problema físico
- Problema social
- Problema filosófico
- Problema ambiental

Según la organización:

- Problema en la esfera productiva
- Problema en la esfera de los servicios

Según el horizonte de planeación:

- Problemas a corto plazo (operativo)
- Problemas a mediano plazo (táctico)
- Problemas a largo plazo (estratégico)

Según la naturaleza de la variable de decisión:

- Decisiones bajo certeza
- Decisiones bajo riesgo
- Decisiones bajo incertidumbre
- Decisiones en conflicto

Según la pluralidad de la decisión:

- Monocriterio
- Multicriterio

Según el alcance temporal:

- Problema puntual
- Problema retrospectivo
- Problema prospectivo

Según su modo de actuación o la información disponible:

- Problema estructurado
- Problema no estructurado

La clasificación que recibe cada problema determina la forma en que se debe tratar y los métodos que son utilizados para su resolución, es de especial interés en esta investigación los problemas multicriterio debido a la importancia de la pluralidad en los procesos de decisión actuales.

## **1.2. Decisión Multicriterio**

Tanto los individuos como las organizaciones se enfrentan diariamente a situaciones que requieren adoptar decisiones difíciles debido a la necesidad de cubrir varios imperativos en forma simultánea. En estos casos, el sentido común pierde validez como punto de partida inicial para una decisión apropiada y debe procederse a formalizar dicho sentido común. Así pues, debe concebirse la decisión como un proceso y en el que intervienen numerosos elementos, entre ellos los múltiples puntos de vista en conflicto entre sí (Bentham, 1988).

Las situaciones en las que un decisor (individual o colectivo) se ve confrontado con una elección en presencia de criterios múltiples son muy numerosas, por no decir universales.

En resumen, el decisor se encuentra en disposición de escoger entre varias posibilidades, denominadas alternativas, el conjunto de las cuales constituye el llamado conjunto de elección. Para escoger en este conjunto de elección el decisor tiene diversos puntos de vista, denominados criterios. Estos criterios son, al menos, parcialmente contradictorios, en el sentido de que si el decisor adopta uno de dichos puntos de vista, no escoge la misma alternativa que si se basa en otro criterio (Lara, 1991).

### **1.2.1. Conceptos y definiciones del paradigma decisional multicriterio**

El hecho de que la teoría de decisión multicriterio se extienda a distintos ámbitos, afecta no sólo a los contenidos y desarrollos de la misma sino también a los conceptos y terminología utilizados. Ello ha dado lugar a que se haya creado una terminología específica con el fin de definir nuevos conceptos que, sin serlo, adquieren un nuevo significado cuando se aplican a dicha área de estudio.

#### **1.2.1.1. Sujetos del proceso de decisión**

##### **Decisor:**

En lo que a la definición de decisor se refiere se puede decir que es “un individuo o grupo de individuos que directa o indirectamente proporciona el juicio de valor final que puede ser usado para jerarquizar las alternativas posibles con el fin de escoger la mejor elección” (Romero, 1993). Por lo tanto, la alternativa que se seguirá dependerá de la información que el decisor haya aportado al proceso. Esta información, en forma de juicios de valor, es principalmente subjetiva y obedece a la estructura de preferencias que el decisor tiene.

##### **Analista:**

El otro sujeto que participa en el proceso de decisión es el analista. La figura del analista puede pasar a veces desapercibida, pese a su importancia en el proceso de toma de decisiones. Su aportación al mismo es esencialmente de carácter técnico, analizando el problema y ayudando al decisor a elegir una alternativa.

Al contrario que en el caso del decisor, el papel del analista en la toma de decisiones se caracteriza por su objetividad. Proporcionando información al decisor acerca de la estructura

del problema sobre el que trata de decidir. Del mismo modo, traslada la información subjetiva aportada por el decisor al modelo, con el fin de modelizar la situación concreta objeto de estudio, y en última instancia hacer las recomendaciones relativas a la selección final (Zunzunegui Suarez, 2017).

### 1.2.1.2. Elementos de paradigma multicriterio

**Alternativas:** las alternativas son acciones, soluciones o caminos posibles que pueden ser implantados como respuesta a una situación, y se caracterizan por estar dotadas con ventajas o inconvenientes con respecto a los criterios con los cuáles son evaluadas. Una alternativa es una opción factible, asequible, caracterizada por su desempeño con respecto a los criterios establecidos. La identificación de alternativas es una parte esencial en la toma de decisiones. La decisión final no podrá alcanzar mejores resultados que lo que le permita la mejor alternativa del conjunto evaluado (Abad Ferras, 2018).

**Atributo:** este concepto se refiere a los valores con los que el centro decisor se enfrenta a un determinado problema decisional. Para que estos valores se conceptualicen como atributos es necesario que puedan medirse independientemente de los deseos del centro decisor y a su vez sean susceptibles de expresarse como una función de las correspondientes variables de decisión.

El concepto de atributo se enlaza con el concepto de **objetivo**. Los objetivos representan direcciones de mejora de los atributos que estemos considerando. La mejora puede interpretarse en el sentido «más del atributo mejor» o bien «menos del atributo mejor». El primer caso corresponde a un proceso de maximización y el segundo a un proceso de minimización. En general, los objetivos toman la forma:  $\text{Max } f(\mathbf{x})$  o  $\text{Min } f(\mathbf{x})$ .

El concepto de objetivo se enlaza con el concepto de **meta**, aunque para ello tenemos que introducir previamente el concepto de **nivel de aspiración**. Un nivel de aspiración representa un nivel aceptable de logro para el correspondiente atributo. La combinación de un atributo con un nivel de aspiración genera una meta.

Por último, se define el concepto de **criterio** como un término general que engloba los tres conceptos precedentes. Así, los criterios son los atributos, objetivos o metas que se consideran relevantes en un cierto problema decisional. Por consiguiente el análisis de la decisión

multicriterio constituye un marco general o paradigma en el que se investigan problemas decisionales con diferentes atributos, objetivos o metas.

Aparentemente, no existe ningún tipo de diferencia entre las metas y las restricciones, debido a que ambas se presentan como desigualdades. La diferencia existente entre estos conceptos reside en el significado que dé al término de la derecha de la correspondiente desigualdad. Si se trata de una meta, el término de la derecha es un nivel de aspiración deseado por el centro decisor que puede o no ser alcanzado. Sin embargo, si la desigualdad se refiere a una restricción, el término de la derecha debe de alcanzarse o nos encontraremos con una solución no factible o inalcanzable. Dicho con otras palabras, las metas permiten ciertas violaciones de las inecuaciones, cuestión que, sin embargo, no es posible en el dominio de las restricciones (Romero, 1996).

**Pesos:** es difícil aislar la reflexión sobre la naturaleza de los criterios de la de los pesos o importancias relativas de los mismos. Los pesos deberían determinarse conjuntamente y al mismo tiempo que las utilidades relativas a cada criterio. Hay pues, según Barba-Romero y Pomerol (1997), dos aspectos a tener en cuenta: por una parte, una visión global que haga depender los pesos del conjunto de los criterios y de las relaciones que puedan existir entre ellos, y por otra parte la conexión entre los pesos y las escalas utilizadas para medir la utilidad de cada alternativa.

**Concepto de óptimo:** El concepto de valor óptimo juega un papel muy importante en los problemas con un sólo objetivo, ya que se trata de encontrar una solución óptima que maximice o minimice el valor de la función objetivo. No obstante, al considerar un problema con múltiples objetivos, lo ideal sería tomar un elemento  $x$  en el espacio de decisión tal que este sea el óptimo del problema simultáneamente en cada una de las funciones objetivo; sin embargo, no se puede aplicar este concepto para este tipo de problemas porque una solución que maximice un objetivo en general no maximizará los objetivos restantes debido a que mejoraría el valor de una función y empeoraría las otras, esto se debe a que en los problemas de decisión reales los objetivos se encuentran en conflicto. Por tanto cuando se trata de problemas con múltiples objetivos, una de las dificultades que se presentan es definir lo que se entiende por óptimo (Pliego martínez, 2012).

En 1896, el economista italiano Vilfredo Pareto introdujo un criterio de optimalidad que ha recibido su nombre y que puede considerarse crucial en teoría económica. En su formulación inicial, Pareto considera que una colectividad se encuentra en un estado óptimo si ninguna persona de esa colectividad puede mejorar su situación sin que empeore la situación de alguna otra persona de la misma. Esta clase de optimalidad se denomina también eficiencia paretiana.

Este criterio de optimalidad paretiana puede transferirse de una manera directa de la economía al análisis decisional multicriterio. Para ello, basta sustituir el concepto original de Pareto de «sociedad» o «colectivo» de personas por el de conjunto de criterios. Así, cada criterio individual representa a una persona en esta nueva interpretación. Esta traslación del concepto de optimalidad paretiana juega un papel esencial en los diferentes enfoques desarrollados dentro del paradigma multicriterio. Puede decirse que la eficiencia paretiana es una condición exigida como necesaria para poder garantizar la racionalidad de las soluciones generadas por los diferentes enfoques multicriterio.

El concepto de optimalidad paretiana dentro del campo multicriterio puede definirse formalmente de la siguiente manera. Un conjunto de soluciones es eficiente (o Pareto óptimas) cuando está formado por soluciones factibles (esto es, que cumplen las restricciones), tales que no existe otra solución factible que proporcione una mejora en un atributo sin producir un empeoramiento en al menos otro de los atributos (Romero, 1996).

**Matriz de pagos:** La matriz de pagos (pay-off matrix) es una matriz construida a partir de los óptimos individuales de cada uno de los objetivos y permite cuantificar el nivel de conflicto existente entre ellos. La matriz se construye a partir de las soluciones que optimizan independientemente a cada objetivo. Con cada solución obtenida se construye un vector formado por los valores que toman las funciones objetivo en esa solución (Zunzunegui Suarez, 2017).

Se obtiene así una matriz cuadrada en cuya diagonal principal se encuentra el conocido como punto ideal, formado por los valores óptimos de cada uno de los objetivos. Este punto en general es inalcanzable salvo en el caso de que los objetivos no se encuentren en conflicto. Por otra parte, el peor elemento de cada columna de la matriz de pagos se denomina *punto anti-ideal*.

**Matriz de valoración o decisión:** Una vez establecidos los criterios y sus pesos asociados, el decisor es capaz de dar, para cada uno de los criterios considerados y para cada alternativa del conjunto de elección, un valor numérico o simbólico  $a_{ij}$  que expresa una evaluación o juicio de la alternativa  $A_i$  respecto al criterio  $C_j$ . Esta evaluación puede ser numérica o verbal y se puede representar en forma de matriz; matriz de valoración o de decisión. Cada fila de la matriz expresa cualidades de la alternativa  $A_i$  respecto a los  $n$  criterios considerados. Cada columna de la matriz recoge las evaluaciones o juicios emitidos por el decisor de todas las alternativas respecto al criterio  $C_j$ . Ver **Figura 1.2**

		Criterios y pesos asociados					
		$C_1$	$C_2$	...	$C_j$	...	$C_n$
		$W_1$	$W_2$	...	$W_j$	...	$W_n$
Alternativas	$A_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1n}$
	$A_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2j}$	...	$a_{2n}$
	...	...	...	Valoraciones	...	...	...
	$A_i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	...	$a_{ij}$	...	$a_{in}$
	...	...	...	...	...	...	...
	$A_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{mj}$	...	$a_{mn}$

**Figura 1.2.** Matriz de valoración o decisión (Abad Ferras, 2018)

### 1.2.2. Métodos multicriterio versus métodos monocriterios

Los procesos de toma de decisiones se han venido analizando tradicionalmente sobre la base de un paradigma que puede esquematizarse de la siguiente forma. En primer lugar, se establece el conjunto de soluciones posibles o factibles del problema de decisión analizado. A continuación, fundándose en un criterio, se asocia a cada solución o alternativa un número que representa el grado de deseabilidad que tiene cada alternativa para el centro decisor, es decir, se establece una ordenación de las soluciones factibles. Seguidamente, utilizando técnicas matemáticas más o menos sofisticadas, se procede a buscar entre las soluciones factibles aquella que posee un mayor grado de deseabilidad. Dicha alternativa es la solución óptima.

Este sencillo marco de análisis es el que subyace a cualquier problema de decisión investigado dentro del paradigma tradicional de la optimización. Los problemas de decisión abordados por medios de la programación matemática se ajustan, asimismo, a este tipo de estructura teórica. Así, en esta clase de problemas, las soluciones posibles se ordenan con arreglo a un cierto criterio que representa las preferencias del centro decisor. Esta función de criterio recibe el nombre de función objetivo. Recurriendo a técnicas matemáticas relativamente sofisticadas se establece la solución óptima como aquella solución factible para la que la función objetivo alcanza un valor óptimo (Montesino Ronquillo, 2012).

Desde un punto de vista de contenido empírico, el marco teórico anterior presenta importantes debilidades que lo desvía considerablemente de los procesos reales de tomas de decisiones. En efecto, en muchos casos de la vida cotidiana, los centro decisores no están interesados en ordenar las soluciones factibles con arreglo a un único criterio, sino que desean efectuar esta tarea con arreglos a diferentes criterios que reflejan sus particularidades y preferencias.

La modelización multicriterio proporciona al decisor una libertad de juicio que le es ocultada por la modelización monocriterio (**Anexo 1**). La modelización multicriterio es así mucho más realista puesto que considera las restricciones por lo que realmente son, a saber, elementos de la decisión, es decir, criterios. En ciertos modelos puede considerarse el dejar la elección al decisor de fijar él mismo cuales son criterios y cuales son restricciones.

En la modelización multicriterio, los componentes de la decisión son evaluados separadamente como criterios que influyen sobre esta. Ello condiciona una primera consecuencia que es que el modelo va a conservar todo su sentido para el decisor y por tanto, el análisis interactivo cobra ahora todo su valor. Incorporar los criterios en la función objetivo o en las restricciones es un artificio ciertamente válido en términos conceptuales, pero incoherente desde el punto de vista decisional, pues impide toda intervención del decisor e imprime gran rapidez a las decisiones. Un modelo cerrado, en el que los criterios de los unos y los otros estén enmascarados en la función a optimizar o en las restricciones, no es de utilidad en ningún proceso de discusión. Por el contrario, un modelo que muestre de manera explícita tales criterios diferentes, puede ser utilizado como «instrumento de búsqueda del consenso»; ello constituye una de las más interesantes facetas del análisis multicriterio (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

La modelación monocriterio trae implícita una falta de realismo desde un punto de vista humano. La práctica de la gestión administrativa consiste justamente en utilizar en instantes diferentes, criterios asimismo diferentes y a menudo en conflicto, en definitiva, el análisis multicriterio tiene a su favor el realismo y la legibilidad, lo que son activos importantes en las organizaciones en un momento en el que la complejidad de las decisiones es reconocida por la mayor parte de los actores aún cuando no todos ellos muestren la misma sensibilidad, ante los diferentes criterios. Sabemos ya que toda decisión, incluso individual, es un compromiso entre diversas aspiraciones imposibles de satisfacer en toda su plenitud (Simon, 1983).

### **1.2.3. Clasificación de los métodos multicriterio**

La enorme popularización de la Toma de Decisiones Multicriterio y su gran poder de aplicación en multitud de contextos decisionales han hecho posible que haya proliferado, en un corto espacio de tiempo, un gran número de enfoques paradigmáticos que lo único que tratan es de solucionar los problemas de toma de decisiones en un contexto de criterios múltiples, pudiéndose agrupar en función de diferentes aspectos subyacente al proceso de la decisión.

Algunos autores relacionados con este tema (Hwang y Yoon, 1981; Rios et al., 1989) han optado por utilizar, como criterio de clasificación, el tipo de información que el decisor puede suministrar al analista sobre sus preferencias acerca de un conjunto de objetivos que deben satisfacer un conjunto de restricciones. Conforme a este criterio se pueden establecer tres tipos de situaciones:

- Información nula sobre las preferencias del decisor. En este caso lo que tenemos es un problema de optimización multiobjetivo, y se consideran como soluciones el conjunto de puntos no dominados o puntos eficientes, o sea, las soluciones que no son dominadas por ninguna otra respecto a cada uno de los criterios.
- Información completa sobre las preferencias del decisor. En este caso se asume la existencia de una función de valor /utilidad global, ordinal o medible, que refleje las preferencias del decisor y agregue las funciones de valor/utilidad de cada uno de los criterios. Este es el enfoque adoptado por la Teoría de la Utilidad Multiatributo (TUMA).

- Información parcial sobre las preferencias del decisor. Se puede considerar como una etapa intermedia hacia los de información completa en la que se determinará el conjunto eficiente. Entre los métodos de solución de estos problemas se encuentran los métodos interactivos.

Otro de los enfoques que resalta dentro de la literatura especializada es el propuesto por (Romero, 1993), quien basa su clasificación en el número de objetivos, metas y atributos, presentándose de la forma siguiente:

- Objetivos múltiples (Programación Multiobjetivo y sus extensiones).
- Metas múltiples (Programación por metas y sus extensiones).
- Atributos múltiples (Teoría de la utilidad con atributos múltiples).

Existe una gran variedad de enfoques pero sin duda alguna las técnicas de decisión multicriterio se han venido clasificando atendiendo casi con exclusividad a la naturaleza de las alternativas (Barba-Romero y Pomerol, 1997; Chakhar y Mousseau, 2010; Cortés Rodríguez, 2016), y lo han hecho desde dos grandes perspectivas:

- La Toma de Decisiones Multiobjetivo (TDMO), o TDM continua;
- La Toma de Decisiones Multiatributo (TDMA), o TDM discreta.

En términos generales puede decirse que la TDMO resulta más apropiada cuando el espacio de decisión es continuo y el conjunto de alternativas (infinito no numerable) está definido implícitamente, o sea, en problemas con variables de decisión que están sujetas a un conjunto de restricciones que deben satisfacerse y que, consecuentemente, arrojan un número infinito de soluciones factibles (Steuer, 1986; Miettinen, 1999).

Por el contrario, cuando el espacio de decisión es discreto y el conjunto de alternativas posibles (finito o infinito numerable) está definido explícitamente, la TDMA es la más aconsejable. En este caso, quien modeliza la situación concreta objeto de estudio (o sea, el analista) únicamente se limita a clasificar, ordenar y seleccionar las alternativas de acuerdo con la utilidad del decisor (Vincke, 1992).

### **1.3. Métodos multicriterio continuos**

Desde que el economista Vilfredo Pareto introdujera en 1896 el concepto de solución eficiente ha proliferado un gran número de métodos multicriterio continuos que, como era de esperar, se pueden clasificar en la práctica de muy diferentes maneras dependiendo del criterio que se utilice, no existiendo para ello un criterio universal que pueda decirse que sea el mejor de todos. No obstante, en todos ellos subyace el supuesto de que el espacio de decisión es continuo y que las alternativas no están determinadas de antemano siendo, por tanto, necesario obtener o diseñar la mejor alternativa (Cortés Rodríguez, 2016).

En cualquier caso, sea cual fuera el criterio utilizado, en su conjunto todos deben proporcionar suficiente información y garantizar técnicas computacionalmente factibles y relativamente eficientes, así como fomentar la cuantificación explícita de los intercambios entre objetivos (Cohon y Marks, 1975).

En la literatura especializada se encuentran autores (Vitoriano, 2007; Romero, 1996) que clasifican las técnicas de decisión multiobjetivo según dos enfoques fundamentales:

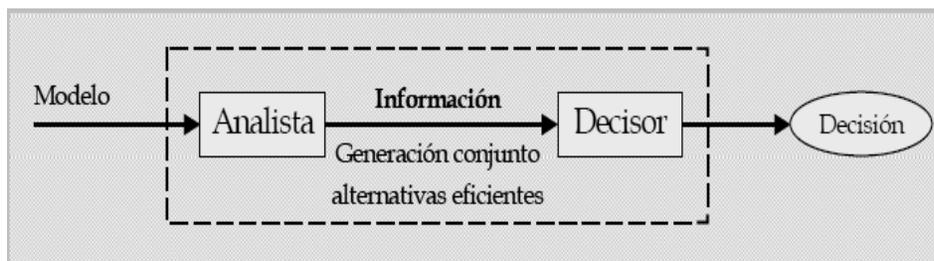
- Métodos de optimización multiobjetivo (programación multiobjetivo y programación compromiso)
- Métodos satisficentes (programación por metas)

Guerras Martín (1989) establece una tipología de modelos de decisión multiobjetivo con tres categorías, ampliamente utilizada por disímiles autores (Ruiz de la Rúa, 2018; Garcia Aguado, 1998; Cuartas Torres, 2009), y que se ha convertido en una de las más aceptadas utilizando únicamente como criterio de clasificación la relación entre el analista y el decisor a lo largo del proceso de decisión:

- Técnicas Generadoras de soluciones eficientes o Pareto óptimas, (información a posteriori);
- Técnicas con Información a priori; y
- Técnicas Interactivas

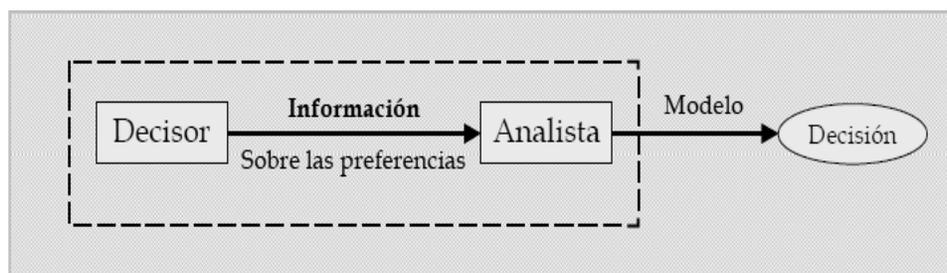
En primer lugar, las Técnicas Generadoras son aquéllas en las que el flujo de información va del analista al decisor, y el conjunto de soluciones eficientes es generado parcial, o totalmente, por el analista en una etapa previo a la incorporación de la estructura de preferencias de los

decisores (**Figura 1.3**). Se incluyen en este grupo las siguientes Técnicas Tradicionales de Programación Multiobjetivo, también denominadas Técnicas de Optimización Vectorial: (1) el Método de las Ponderaciones (2) el Método de las Restricciones; (3) el Método del Simplex Multicriterio.



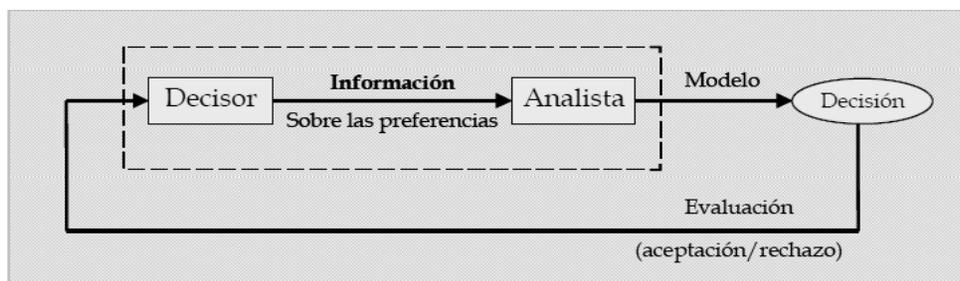
**Figura 1.3.** Flujo de información analista-decisor. (Cortés Rodríguez, 2016)

En segundo lugar, las Técnicas con Información a priori se caracterizan porque el flujo de información a lo largo del proceso se produce en sentido contrario al caso anterior (o sea, del decisor al analista) y, además, las preferencias del decisor solo pueden manifestarse al principio del proceso (**Figura 1.4**). Dentro de este grupo, las técnicas que más se utilizan son: (1) la Programación Compromiso; (2) la Programación por Metas.



**Figura 1.4.** Flujo de información decisor-analista. (Cortés Rodríguez, 2016)

Finalmente, los Métodos Interactivos se diferencian de los dos anteriores en que el flujo de información decisor-analista es continuo mientras dura el proceso de decisión, y fluye en ambos sentidos, del primero al segundo y viceversa. Además, en cada etapa del proceso, el decisor puede expresar sus deseos o no de mejorar la solución obtenida por el analista (eficiente o no) (**Figura 1.5**).



**Figura 1.5.** Flujo de información analista-decisor y decisor-analista. (Cortés Rodríguez, 2016)

Estos métodos se pueden clasificar en función del tipo de información solicitada al decisor y del análisis interno en la resolución. Algunos métodos interactivos necesitan información explícita sobre las tasas de intercambio entre objetivos o *trade-offs*, mientras que otros requieren que el decisor en cada iteración elija entre un conjunto de soluciones generalmente eficientes o que exprese niveles de referencia para todos los objetivos. En cualquier caso, el proceso se detiene cuando el decisor acepta la solución obtenida por el analista (Caballero et al., 2002).

### 1.3.1. Técnicas generadoras del conjunto eficiente

En estos métodos, los analistas resuelven el problema sin ningún tipo de información preferencial previa por parte del decisor. Se trata, por tanto, de generar el conjunto eficiente del problema, o una aproximación tan buena como sea posible del mismo, que se presenta posteriormente al decisor para que elija entre las soluciones eficientes la que prefiera. En la práctica, hoy en día este tipo de métodos se suelen usar como una fase previa de aprendizaje, para que el decisor tome conciencia de los rangos de variación de los objetivos y las tasas de intercambio entre ellos en el conjunto eficiente.

#### 1.3.1.1. Método de las ponderaciones

El método se basa en asignar pesos no negativos a cada una de las funciones objetivos (habitualmente, que sumen uno), y optimizar la suma ponderada de todas ellas. Bajo condiciones no muy restrictivas, se demuestra que la solución obtenida es eficiente para el problema multiobjetivo original. Es importante tener en cuenta que estos pesos no responden a opiniones preferenciales de decisor. Son parámetros instrumentales, y se trata de variarlos, recorriendo de forma bien distribuida todo el espacio de pesos, para obtener un número suficiente de soluciones eficientes. El método de las ponderaciones funciona correctamente

para problemas convexos, pero en los problemas no convexos pueden aparecer lo que denominamos soluciones eficientes no soportadas: soluciones eficientes que no se pueden obtener mediante el método de las ponderaciones para ninguna combinación de pesos (Ruiz de la Rúa, 2018).

Hay que tomar en cuenta, que si el decisor es razonablemente certero acerca de escoger los pesos específicos, la optimización de la función objetivo compuesta (con la combinación de pesos) resultará la combinación deseada. No obstante comúnmente es difícil precisar los pesos específicos, ya que en los modelos reales existe un gran número de funciones objetivo que requerirán muchas combinaciones de pesos a examinar. Por tanto se desearía la cooperación de aquel que toma la decisión y el analista para resolver los problemas, en la cual la función objetivo compuesta es construida usando combinaciones de pesos que parecen al decisor razonables (Pliego martínez, 2012).

#### **1.3.1.2. Método de las restricciones**

En este método, se escoge una función para optimizarla, y al resto se le asignan cotas y pasan a ser restricciones del problema. Nuevamente, se puede demostrar que, bajo condiciones poco exigentes, las soluciones así obtenidas son eficientes para el problema original. Consecuentemente, mediante variaciones paramétricas del vector de términos independientes se va generando el conjunto eficiente.

Debe de apuntarse que el método de las restricciones garantiza soluciones eficientes sólo cuando las restricciones paramétricas son activas en el óptimo.

Una dificultad práctica que subyace en los dos métodos generadores anteriores, es que, fácilmente, no se generan todos los puntos eficientes, sino que sólo se obtiene una aproximación del conjunto eficiente. La probabilidad de que esto ocurra disminuirá cuando se reduce la escala de los pesos, en el método de las ponderaciones, o cuando se aumenta el número de conjuntos de valores que se asignan a los términos independientes, en el método de las restricciones. Pero, en cualquier caso, no se puede garantizar la obtención de todo el conjunto eficiente de soluciones (García Aguado, 1998).

#### **1.3.1.3. Método simplex multicriterio**

El Simplex multicriterio genera todos los puntos de esquina (corner points) eficientes de un problema multiobjetivo desplazándose para ello de un punto esquina al punto esquina contiguo. El algoritmo del Simplex tradicional constituye el mecanismo adecuado para efectuar este tipo de desplazamiento de un punto de esquina a un punto adyacente, por medio de una operación de pivotado. En combinación con esta operación de salto de un punto de esquina a otro, el Simplex multicriterio recurre a una subrutina que permite comprobar la eficiencia o no de cada punto obtenido. El Simplex multicriterio trabaja eficientemente sólo con problemas de un tamaño reducido. Entendiendo por tamaño reducido, problemas con un número de objetivos inferior a cinco, así como un número de variables y restricciones no superior a cien (Steuer, 1986).

### **1.3.2. Métodos a priori**

#### **1.3.2.1. Programación compromiso**

Mediante la programación compromiso se pretende utilizar el punto ideal como un punto de referencia para el decisor. Debido a que en este cada punto cada objetivo alcanza su valor óptimo, se puede deducir que, si el decisor tiene un comportamiento racional, intentara alcanzar el punto más cercano al ideal. Las técnicas de programación por compromiso se han consolidado como uno de los enfoques de resolución de problemas multiobjetivo de mayor potencia y con un amplio campo de aplicaciones.

Estas técnicas se apoyan en el Axioma de Zeleny, el cual establece que dadas dos soluciones posibles en el espacio de objetivos, se preferirá la que se encuentre más cercana al punto ideal. Por medio de este enfoque consideremos ir reduciendo el tamaño del conjunto eficiente, determinando aquellos subconjuntos del mismo que se encuentran más próximo al punto ideal y que por consiguiente, resultan más atractivos para el centro decisor. Los subconjuntos encontrados, los llamados conjuntos compromisos representan políticas equilibradas entre objetivos en conflicto, pero sin subordinar un objetivo a otro (Montesino Ronquillo, 2012).

El concepto fundamental en un contexto compromiso es el de distancia. Debe de quedar claro desde un principio que dentro de este enfoque, el concepto de distancia no se utiliza solo en un sentido geométrico sino más bien como un medidor de las preferencias humanas.

#### **1.3.2.2. Programación por metas**

En las complejas organizaciones actuales el contexto decisional está definido por información incompleta, recursos limitados, multiplicidad de objetivos, conflicto de intereses, etc. En este tipo de contexto, el centro decisor no está en condiciones de maximizar nada, y menos una bien definida función de utilidad como supone el análisis económico tradicional. Por el contrario, en contextos decisionales complejos, el centro decisor intenta que una serie de metas relevantes se aproximen lo más posible a unos niveles de aspiración fijados de antemano (Simon, 1955; Romero, 1993). Por lo tanto, la programación por metas tiene de fondo una filosofía que se llama “satisfaciente”, lo que quiere decir que no tiene por qué haber una obligatoriedad de satisfacerlo, sino que se ubican cuáles son las metas más relevantes y se intenta que acercar lo más posible a los niveles de aspiración.

Se define entonces la programación por metas en el contexto actual de decisión como *“una metodología flexible y pragmática especialmente adecuada para resolver problemas con variables decisionales complejas en los que diversos objetivos al igual que muchas de las variables y de las restricciones están involucrados”*.(Tamiz et al., 1998)

La programación por metas es un enfoque para tratar problemas de decisión gerencial que comprenden metas múltiples o inconmensurables, de acuerdo a la importancia que se le asigne a estas metas. El tomador de decisiones debe ser capaz de establecer al menos una importancia ordinal, para clasificar estas metas. Una ventaja importante de la programación meta es su flexibilidad en el sentido de que permite al tomador de decisiones, experimentar con una multitud de variaciones de las restricciones y de prioridades de las metas cuando se involucra con un problema de decisión de objetivos múltiples (Montesino Ronquillo, 2012).

Buscar lo “aceptable” antes que lo “óptimo” constituye el lema de esta técnica siendo, por tanto, su objetivo final llegar a encontrar una solución que satisfaga a un decisor o a un grupo de expertos, y en el caso de que esta no exista encontrar la más próxima.

La “mejor” solución, es decir, la que más se acerca a la consecución de los deseos del decisor o grupo de expertos (solución satisfactoria), se define como aquella que minimiza las desviaciones entre un conjunto de objetivos y de niveles de aspiración, o de forma equivalente, que maximizan el cumplimiento de un conjunto de metas (Cortés Rodríguez, 2016).

La programación por metas aplicada en la realidad muestra que se están obteniendo valiosos resultados, siendo una de las técnicas de decisión multicriterio que está proporcionando mejores resultados (Vitoriano y Ramos, 2010). Es especialmente útil cuando hay muchos criterios. Sin embargo, casi nunca se utiliza en su versión básica. Algunas variantes de este método se han desarrollado con gran éxito y se exponen a continuación.

### **Programación por metas ponderadas**

En este enfoque, la forma más intuitiva de acometer la minimización de las desviaciones no deseadas, la aditiva, se lleva a cabo minimizando la suma de las mismas, pero esto significa que el decisor da la misma importancia al logro de todas las metas cuando realmente no tiene por qué ser lo que se desea. En su lugar, en la práctica suele considerarse esa suma ponderada por medio de unos coeficientes llamados pesos de ponderación, que representan la importancia relativa que el decisor asigna a la realización de cada meta y de forma que cuanto mayor sea su valor más importancia tiene para el decisor alcanzar el nivel de aspiración de dicha meta (Cortés Rodríguez, 2016).

### **Programación por metas lexicográficas**

La programación por metas lexicográficas utiliza el concepto de prioridad o peso excluyente (pre-emptive priorities). Este tipo de peso excluyente implica que el logro de las metas situadas en una cierta prioridad es inconmensurablemente preferido al logro de cualquier otro conjunto de metas situadas en una prioridad más baja. En la programación por metas lexicográficas, las metas situadas en 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 igual que las palabras en un léxico o diccionario, de ahí la denominación de programación por metas lexicográficas (Romero, 1996).

#### **1.3.3. Métodos interactivos**

En los métodos interactivos, el intercambio de información entre el decisor y el analista tiene lugar de forma continua durante el proceso de resolución. El método incorpora progresivamente la información proporcionada por el decisor, para ayudarle a encontrar su solución preferida. Las técnicas interactivas son especialmente adecuadas para favorecer procesos de aprendizaje tanto para el decisor como para el analista. Tienen la ventaja de que el

decisor incorpora sus preferencias de forma gradual, por lo que presentan una mayor flexibilidad (Ruiz de la Rúa, 2018). En general, todo método interactivo presenta el siguiente esquema:

1. Generar una (o varias) solución eficiente inicial,
2. Presentar la(s) solución(es) actual(es) al decisor,
3. ¿Está el decisor satisfecho con la solución?  
“Sí”: terminar.  
“No”: ir al paso 4
4. Pedir nueva información preferencial al decisor,
5. Generar una(s) nueva(s) solución(es) eficiente(s),
6. Ir al paso 2.

Existen multitud de métodos interactivos en la literatura científica. La diferencia fundamental entre ellos estriba en el Paso 4, es decir, qué información se le pide al decisor en cada paso, lo cual a su vez determina qué información se le presenta (Paso 2) y qué procedimiento hay que seguir para generar la siguiente iteración (Paso 5).

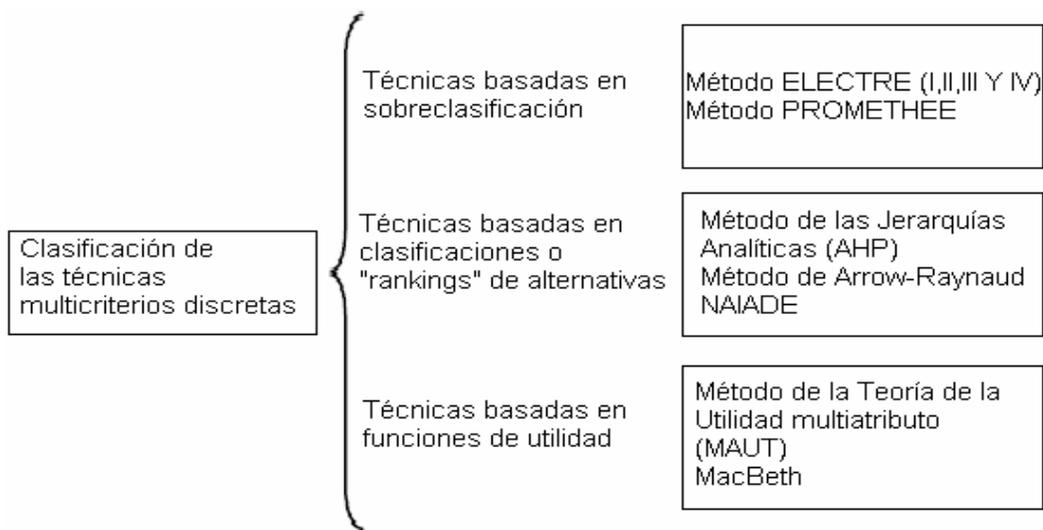
#### **1.4. Métodos discretos**

En el contexto específico de la Toma de Decisiones Multiatributo (TDMA), las alternativas han sido explícitamente predeterminadas, por lo que el analista solo se limita a clasificarlas, ordenarlas y seleccionarlas atendiendo a diferentes criterios que siempre reflejan las preferencias del decisor. No obstante, la gran variedad de métodos multicriterio discretos que durante los últimos cuarenta años han proliferado dentro de este campo han motivado que, en la actualidad, se encuentren agrupados de formas muy diferentes.

Korhonen et al. (1992) proponen una clasificación de los problemas TDMA con un total de 32 combinaciones diferentes, teniendo en cuenta cinco aspectos diferentes, que son: (a) pocas alternativas vs muchas; (b) menos de 10 criterios vs más de 10; (c) alternativas conocidas a priori vs no conocidas; (d) valores de los criterios conocidos con certeza vs no conocidos; y (e) criterios explícitamente especificados vs implícitamente especificados.

De igual manera Abad Ferras (2018) engloba los métodos multicriterio discretos en dos vertientes fundamentales: la Escuela Americana y la Escuela Europea.

Aunque existe un gran número de clasificaciones en la literatura especializada Cortés Rodríguez (2016) enfatiza que atendiendo a la forma en que suelen modelizarse las preferencias de los individuos, las tres corrientes más extendidas son: 1) la Teoría de la Utilidad Multiatributo (TUMA), válida para seleccionar la alternativa que tiene mayor utilidad a través de funciones de valor o de utilidad que reflejen las preferencias del decisor; 2) el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), válido para seleccionar la alternativa de mayor peso dentro de estructuras de preferencias jerárquicas; y 3) los métodos ELECTRE y PROMETHEE válidos para seleccionar la alternativa que mejor satisface una medida de concordancia dada a través de un sistema de relaciones binarias. Estos métodos mencionados con anterioridad son clasificados como técnicas de análisis multicriterios discretos los cuales pueden ser de sobreclasificación, clasificación o ranking de alternativas o bien basados en funciones de utilidad. Ver **Figura 1.6**



**Figura 1.6.** Clasificación de las técnicas multicriterio discretas. (Diaz Chaviano, 2012)

### 1.5. Elección de un método multicriterio

Una vez discutida tanto la naturaleza como el funcionamiento de los principales métodos multicriterio se procede a realizar una evaluación comparativa de las ventajas e

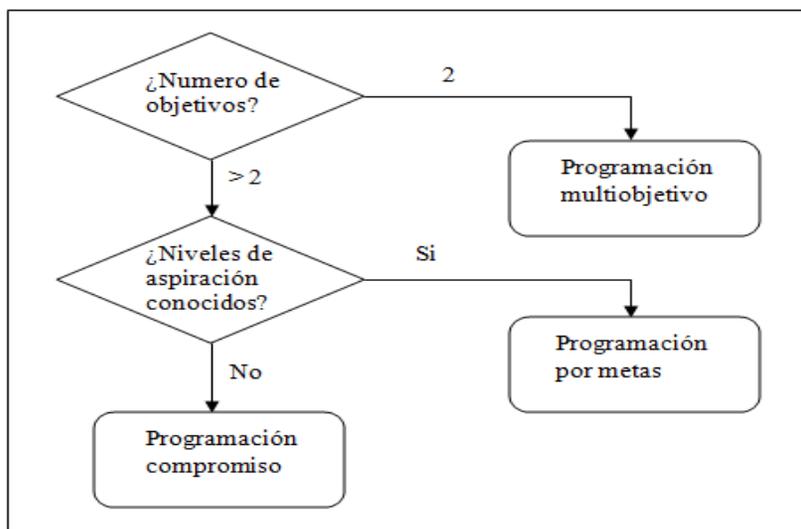
inconvenientes que presentan dichos métodos. La elección del método multicriterio adecuado no es una tarea fácil, pues cada uno de ellos conlleva una serie de ventajas e inconvenientes.

Desde el punto de vista de carga computacional, la programación por metas es el enfoque más potente, pues su aplicación requiere una sola «pasada de computador». Por el contrario, en el contexto de la programación multiobjetivo, cuando se aproxima el conjunto eficiente por medio del método de las restricciones o de las ponderaciones, el número de «pasadas de computador» es una función casi exponencial del número de objetivos implicados. En el caso de la programación compromiso, en rigor sólo hace falta resolver dos programas matemáticos (uno para la métrica  $p = 1$  y otro para la métrica  $p = \infty$ ) para obtener los límites del conjunto compromiso. Ahora bien, actuando de esta forma, ignoramos el resto del conjunto eficiente, lo que puede significar una pérdida importante de información.

Al realizar la evaluación en base a la cantidad y precisión de la información que demandamos del centro decisor para poder implementar el correspondiente método multicriterio, entonces la programación por metas resulta el método menos atractivo. Así, dentro de este enfoque, el centro decisor tiene que proporcionar una información muy precisa sobre niveles de aspiración, pesos a asociar a las variables de desviación, ordenaciones lexicográficas de preferencias, etc. En este aspecto, la programación multiobjetivo se encuentra en el polo opuesto de la escala, pues para construir un modelo multiobjetivo no hace falta ningún tipo de información acerca de las preferencias del centro decisor. En el caso de la programación compromiso, sólo necesitamos información sobre los pesos asociados a las discrepancias entre objetivo y valores ideales para, de esta manera, poder determinar el conjunto compromiso.

Si se realiza la evaluación en base a la cantidad de información producida por el modelo, los enfoques basados en metas al proporcionar una única solución se encuentran en una situación de inferioridad con respecto a los otros enfoques. Aunque los análisis de sensibilidad pueden paliar el problema, la programación por metas proporciona una cantidad de información mucho más escasa que la programación multiobjetivo o la programación compromiso (Romero, 1996). Sin embargo, este tipo de técnicas es muy sensible al número de objetivos del problema, en el sentido de que cuando el decisor afronta una decisión con más de tres, las dificultades de cálculo son importantes y se complica la representación de resultados, como consecuencia del elevado número de soluciones eficientes que se generan.

El-Gayar y Leung (2001) recomiendan el uso de las técnicas generadoras solamente para el caso bio-objetivo. Con tres objetivos o más proporcionan mejores resultados la Programación por Metas Ponderadas, o la Programación Compromiso (**Figura 1.7**).



**Figura 1.7.** Uso recomendado de las técnicas multicriterio. (El-Gayar y Leung, 2001)

No es posible establecer de manera categórica la superioridad de un método sobre otro. Según Romero (1993), no existe aún un método multicriterio superior a los demás para tratar cualquier tipo de problema decisional multicriterio, en la medida que en la elección del método multicriterio adecuado influyen, de manera decisiva, las características situacionales del problema decisional en concreto.

Así, algunos autores como (Ozernoy, 1992; Romero, 1993; citados en Marrero Delgado, 2001), sostienen que la elección del mejor método multicriterio es un problema multicriterio en sí mismo, donde las alternativas están constituidas por los diferentes métodos y donde los atributos serán las cualidades o propiedades de estos, tales como la consistencia, la utilidad de los resultados y la capacidad de manejar problemas lineales.

### 1.6. El sector textil en el contexto actual

Desde principios de este milenio, la industria indumentaria observó cómo el escenario local e internacional se modificó sustancialmente. La tecnología avanzó y mejoró rápidamente los procesos de este mercado, ocupando hoy espacios tanto en la confección de prendas como en la comercialización y en la distribución.

La globalización de los mercados, la creciente incertidumbre del entorno, el aumento de la competencia, el mercado dominado por una demanda cada vez más exigente y selectiva, la utilización de la calidad y el medio ambiente como estrategia competitiva diferenciadora, así como, el incremento en la diversidad de productos ofrecidos al mercado, han provocado un cambio profundo en las actuaciones de las empresas, que para afrontar esta situación y adaptarse a las nuevas condiciones de manera permanente tienen que modificar sus formas de actuación y estructuras.

Toda empresa que pretenda alcanzar un nivel competitivo adecuado, deberá incluir la dimensión ambiental dentro de sus procesos, flexibilizar los procesos productivos, adaptar sus productos, mejorar la distribución de sus bienes y servicios al cliente, así como agilizar los mecanismos de comunicación del producto, disminuir los costos de producción, con calidad elevada conjugada con precios consecuentes y entrega en tiempo.

En los últimos años se ha generado un gran entusiasmo por el potencial de los grandes datos y su posterior gestión. Junto con los avances en la previsión de la demanda mediante la extrapolación de las ventas actuales y el uso de ello para predecir lo que se venderá mañana permiten producir y mover las existencias adecuadas a las tiendas. Sin embargo, sigue siendo muy difícil actualmente para los compradores de moda determinar efectivamente y predecir con exactitud lo que se va a vender y lo que no.

Los expertos recomiendan aprovechar los datos y el análisis de los clientes para impulsar decisiones inteligentes y rápidas en torno a necesidades específicas de productos y servicios, como estilo, colores, tamaño y opciones de entrega, así como mejorar la eficiencia del inventario, reducir las ventas perdidas y mejorar el margen. Los datos también pueden usarse para identificar problemas y, potencialmente, para desarrollar soluciones. Muchas herramientas de predicción están ahora en un nivel de madurez y cambiarán la forma tradicional de diseñar, comprar, distribuir e inventariar la ropa (Farias Iribarren, 2017).

### **1.7. Empresa de Confecciones y Calzado (CALCONF)**

La Empresa Provincial de Confecciones y Calzado CALCONF Colectivo Vanguardia Nacional presenta una amplia gama de productos, constituye dentro del Poder Popular uno de las organizaciones que más inciden en el nivel de vida de la población local y por ello tiene el

reconocimiento social al que debe corresponder con su trabajo; la ropa de vestir, el calzado, guantes de trabajo, artículos para el avituallamiento del hogar, insumos para los hoteles, uniformes, ropa de trabajo, overoles, están dentro de los artículos fundamentales que se producen. Para ello sus objetivos fundamentales se dirigen hacia mejorar la calidad, lograr precios competitivos en todos los productos, variedad en el surtido y cumplir con los plazos de entrega pactados.

La empresa por ser productora tiene como función principal satisfacer las necesidades de los clientes a partir de una producción diversificada y sostenida cumpliendo con sus objetivos de garantizar la continuidad de este proceso a través de las relaciones monetario mercantiles debidamente legalizadas por resoluciones donde se faculta jurídicamente a personas físicas para la concertación de contratos con clientes y proveedores.

El aprovechamiento máximo de los recursos es un aspecto central que se tiene en cuenta dentro del planeamiento estratégico de la organización. Esto unido a la utilización inteligente de las oportunidades que brinda el entorno y a la potenciación del capital humano, posibilita el logro de cambios cualitativos proyectados por la entidad.

La organización se proyecta en la búsqueda de nuevas alternativas de financiamiento para la ampliación de sus capacidades productivas y afrontar su desarrollo tecnológico, el desarrollo del diseño y la calificación de sus trabajadores, lograr alta calidad y competitividad de sus productos y servicios, lo que unido a eficaces estrategias de comercialización, el desarrollo constante de nuevos productos y la aplicación de un Sistema de Gestión de la Calidad que le permitan alcanzar el liderazgo en el mercado interno de las confecciones y con la motivación y estimulación de sus colectivos laborales consolidar la estabilidad de la organización.

Atemperarse a los cambios del entorno empresarial cubano y la actualización del proyecto económico acorde a los Lineamientos del VII Congreso del Partido constituyen nuevas guías para el trabajo de la Empresa.

### **1.8. Conclusiones parciales**

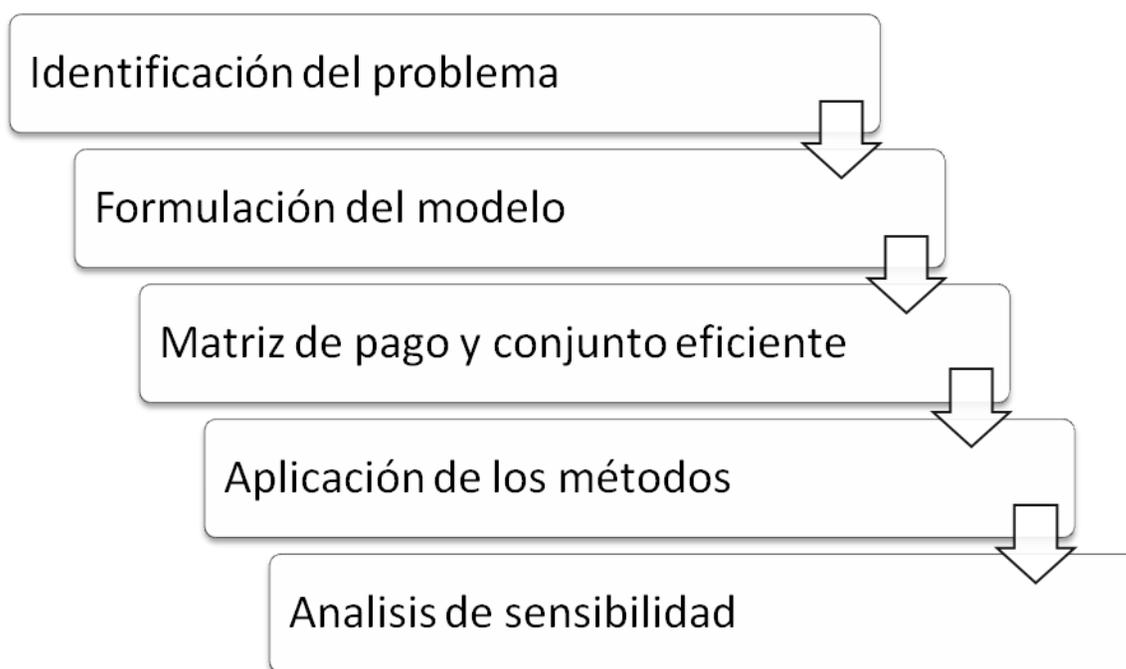
1. Los modelos para la toma de decisiones multicriterio se han convertido en una herramienta esencial en el campo de la administración que garantiza la pluralidad

decisional y un acercamiento eficaz a problemas reales que surgen en el sector empresarial.

2. En el entorno empresarial actual matizado por un gran despliegue de la competitividad es fundamental el empleo de metodologías que apoyen el proceso para toma de decisiones permitiendo decidir en escenarios donde intervienen múltiples variables o criterios de selección, siempre en busca de la eficiencia y la productividad de las empresas en el sector industrial.
3. La decisión multicriterio está dividida en dos aristas fundamentales, los métodos continuos que se caracterizan por generar alternativas y los métodos discretos que seleccionan dentro de un grupo de alternativas la más factible, los primeros son utilizados fundamentalmente en los procesos de planificación productivas mientras que los segundos definen la selección de proveedores, ofertas de inversión, etc.
4. En la literatura especializada existe un gran número de métodos para la toma de decisiones multicriterio, la decisión de aplicar un método determinado depende de la características del problema que se presenta y de las preferencias que se establezcan por parte del centro decisor.

## CAPÍTULO 2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA TOMA DE DECISIONES CON ENFOQUE MULTICRITERIO CONTINUO

En las últimas décadas el sector empresarial ha estado inmerso en proceso de desarrollo continuo para el logro de una administración cada vez más efectiva. Motivados por la creciente competitividad de las organizaciones se han desarrollado un gran número de métodos multicriterio para apoyar el proceso de toma de decisiones. En este capítulo, dando cumplimiento a los objetivos de la investigación, se propone la descripción metodológica de un procedimiento de trabajo para el desarrollo de métodos multicriterio continuos (Figura 2.1) en cual consta de diferentes etapas y culmina con la presentación al centro decisor de los resultados obtenidos.



**Figura 2.1:** Procedimiento metodológico para la toma de decisiones con enfoque multicriterio continuo.

### 2.1. Identificación del problema

Para el desarrollo de cualquier investigación el primer paso debe ser la recopilación de información de la organización objeto de estudio que es fundamental a la hora de tomar decisiones empresariales; lo que quiere decir que una información precisa y accesible ayuda a

realizar una correcta elección. Por ello qué mejor manera que empezar es saber lo que ocurre en nuestra propia empresa.

En las empresas, la información adquiere un papel primordial a la hora de dirigir y gestionar la actividad de las mismas. Una buena información permite conocer la realidad de nuestro entorno para adelantarnos con rapidez y eficacia a los cambios, los cuales cada día son más frecuentes.

Con el objetivo de conseguir las metas marcadas y prevenir los futuros cambios del entorno es necesario realizar una recogida de información, tanto del exterior como del interior de la empresa. Para ello se necesita conocer y saber gestionar la información mediante diferentes técnicas que se recogen a continuación:

- **Análisis documental:** Este método está referido al análisis e interpretación de la documentación existente en la organización o fuera de esta, por lo que tiene carácter interno o externo, con el objetivo de comprender la perspectiva oficial sobre los aspectos organizacionales a estudiar. Puede ser utilizado correctamente si se conoce quien ha emitido la documentación y por qué razones, es decir, su contexto social.
- **Entrevistas:** La entrevista es una de las técnicas más usuales y puede definirse como la relación que se establece entre el investigador y los sujetos de estudio. Puede ser individual o grupal, libre o dirigida. Tiene como principales objetivos obtener información sobre el objeto de estudio, describir con objetividad situaciones o fenómenos, interpretar hallazgos, y plantear soluciones. Sus resultados sirven para ver el contraste de opiniones entre diferentes estratos de la empresa.
- **Observación directa:** Este método implica determinar los indicadores de las variables (qué observar); circunscribir el campo de los análisis empíricos en el espacio geográfico y social así como en el tiempo (sobre qué observar); y centrar los instrumentos de la observación y la recopilación de los datos propiamente dichos (cómo observar). Puede ser participante o no; es decir, el observador puede implicarse en la actividad que observa o mantenerse al margen. También puede ser encubierta o descubierta, en relación con la información que dé el observador sobre su investigación al grupo de observados.

- **Encuestas.** Una encuesta es un instrumento que agrupa una serie de preguntas relativas a un evento, situación o temática particular sobre el cual el investigador desea obtener información. El uso de cuestionarios en investigación supone que el investigador debe partir de objetivos de estudio perfectamente definidos, debe estructurar las preguntas teniendo en mente siempre los objetivos del trabajo y el que contesta debe estar dispuesto y ser capaz de proporcionar respuestas fidedignas. Pueden utilizarse en ella diferentes tipos de preguntas, ya sea de redacción o de marcaje.

Después de recogida la información y analizada previamente se procede a la definición del problema que afecta a la organización, sin un problema bien definido no hay objetivos definidos ni es posible encontrar una solución veraz. Por tanto, se hace necesario aislar y definir todos los factores influyentes en el contexto interno y externo. Se tendrán en cuenta la magnitud del problema, dominio y conocimiento por los especialistas, existencia de recursos necesarios, importancia e influencia sobre los demás problemas.

## **2.2. Formulación del modelo**

Después de quedar definido el problema, se procede a reformularlo de manera conveniente para su análisis. La forma convencional en que se logra este objetivo es mediante la construcción de un modelo matemático que represente la esencia del problema.

Su modelización se lleva a cabo a través de lo que denominamos variables de decisión, restricciones y funciones objetivo, de forma análoga a los problemas de optimización (programación matemática) tradicionales, pero con más de un objetivo.

Las variables de decisión, son en teoría, factores controlables del sistema que se está modelando cuyo valor constituye la decisión a tomar, estas pueden tomar diversos valores posibles, de los cuales se precisa conocer su valor óptimo, que contribuya con la consecución del objetivo de la función general del problema. Sin embargo, todos los problemas presentan una serie de limitantes, tanto físicas, como de contexto, de tal manera que los valores que en un momento dado podrían tomar nuestras variables de decisión se encuentran condicionados por una serie de restricciones. Por último las funciones objetivo se determinan mediante la unión de un atributo con las direcciones de optimización (maximizar o minimizar) para la consecución de los objetivos propuestos por el centro decisor.

De forma general un problema de decisión multicriterio vendría formulado de la siguiente forma:

$$\text{Max(Min)}z = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)] \quad (2.1)$$

s. a.

$$Ax = b$$

$$x \geq 0$$

Donde  $z$  consta de  $p$  componentes, donde cada una de ellas consta de una función objetivo definida:

$$f_k(x) = c_{k1}x_1 + c_{k2}x_2 + \dots + c_{kn}x_n \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (2.2)$$

El conjunto de restricciones está conformado sobre un espacio vectorial de dimensión  $n$ .

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \quad (2.3)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Función objetivo:  $z$  es un vector con  $p$  funciones objetivo.

Restricciones:  $A$  es un matriz de  $m$  renglones y  $n$  columnas.

Vector de términos independientes:  $b$  es un vector de  $m$  renglones.

Variables de decisión:  $x$  es un vector de  $n$  componentes no negativas.

En general se pueden tener tres diferentes casos de problemas multiobjetivo: minimizar todas las funciones objetivo, maximizar todas las funciones objetivo, minimizar algunas y maximizar otras.

### 2.3. Matriz de pago y conjunto eficiente

Una vez planteado el problema multiobjetivo, el siguiente paso es determinar qué es lo mejor que podemos lograr para cada uno de los objetivos, independientemente de los demás. Así

pues, utilizando técnicas de optimización tradicionales, es decir, para problemas con una única función objetivo, obtenemos las soluciones que optimizan por separado cada uno de los objetivos.

Por tanto, los mejores tiempos que podemos conseguir se denominan valores ideales. Obviamente, estos valores ideales no se pueden lograr simultáneamente para las dos funciones con ninguna combinación factible de las variables. Cuanto mejor sea una de las funciones, peor será la otra. Los valores obtenidos para las funciones objetivo en las dos optimizaciones previas los podemos reflejar en una matriz que denominamos matriz de pagos del problema (**Tabla 2.1**). La matriz de pagos nos proporciona una primera información sobre el grado de conflicto que existe entre los criterios y de las tasas de intercambio (tradeoffs) entre ellos. También nos proporciona información sobre los rangos de valores que pueden tomar los distintos objetivos en el conjunto eficiente (conjunto formado por todas las soluciones eficientes del problema).

**Tabla 2.1.** Matriz de pagos

	$z_1(x)$	$z_2(x)$	. . .	$z_p(x)$
$x_1^*$	$z_1^*(x_1^*)$	$z_2(x_1^*)$	. . .	$z_p(x_1^*)$
$x_2^*$	$z_1(x_2^*)$	$z_2^*(x_2^*)$	. . .	$z_2(x_2^*)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$x_p^*$	$z_1(x_p^*)$	$z_2(x_p^*)$	. . .	$z_p^*(x_p^*)$

**Fuente:** (Pliego Martínez, 2012)

#### 2.4. Aplicación de los métodos

El siguiente objetivo es determinar el método de solución más adecuado para la resolución del modelo multicriterio en el proceso de decisión, para ello se plantea como base para la selección una serie de ventajas e inconvenientes de cada método multicriterio, realizándose dicho análisis en grupos determinados por las preferencias del centro decisor.

Tomando como referencia el análisis bibliográfico realizado en el capítulo anterior, se deciden escoger la programación por metas y el método de las restricciones en el cual se definen las preferencias del decisor de forma a priori y a posteriori respectivamente, teniendo en cuenta las diversas bondades que ofrecen estos métodos que se describen a continuación.

#### 2.4.1. Programación por metas

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 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 presentada a continuación de la respectiva meta:

$$f_i(x) + N_i - P_i = t_i \quad (2.4)$$

donde;

$f_i(x)$  : 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.

Como el nivel de aspiración en la programación por metas, no puede simultáneamente sobrepasarse y quedar 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. Se pueden considerar los siguientes tres casos (**Tabla 2.2**):

- La meta deriva de un atributo del tipo más del atributo mejor (equivalente a un objetivo a maximizar). En estos casos la variable no deseada (a minimizar), será la variable de desviación negativa (cuantificación de la falta de logro).
- La meta deriva de un atributo del tipo menos del atributo mejor (equivalente a un objetivo a minimizar). En estos casos la variable no deseada (a minimizar), será la variable de desviación positiva (cuantificación del exceso de logro).
- La meta deriva de un atributo del que se quiere alcanzar exactamente su nivel de aspiración. En estos casos tanto la variable de desviación negativa como la positiva son variables no deseadas y por tanto variables a minimizar.

Por último, en el mencionado modelo se procede a la minimización de las variables de desviación no deseadas mediante la siguiente expresión:

$$\text{Min } P_i \dots + \dots N_i \quad (2.5)$$

Este 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.

**Tabla 2.2.** Tipos de meta y variables de desviación

Forma inicial de la meta	Forma de la meta transformada	Variable de desviación no deseada (a minimizar)
$f_i(x) \geq t_i$	$f_i(x) + n_i - p_i = t_i$	$n_i$
$f_i(x) \leq t_i$	$f_i(x) + n_i - p_i = t_i$	$p_i$
$f_i(x) = t_i$	$f_i(x) + n_i - p_i = t_i$	$n_i + p_i$

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.4.1.1. La 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. Se construye la estructura del modelo de programación por metas (2.1), teniendo en cuenta que para los atributos se asocia un respectivo nivel de aspiración
2. Se plantea la expresión (2.5) que minimiza la suma de las variables de desviación no deseadas;

Como la expresión 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 según la siguiente formulación:

$$Min \left( 100 \frac{P_i}{\tau_i} \right) \dots + \dots \left( 100 \frac{N_i}{\tau_i} \right) \tag{2.6}$$

debido a que los porcentajes carecen de dimensión, la suma de la expresión matemática (2.6) 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 es frecuente en los problemas de decisión reales. Esto tiene solución cuando se plantea la siguiente formulación:

$$\text{Min } W_j \left( 100 \frac{P_i}{t_i} \right) \dots + \dots W_j \left( 100 \frac{N_i}{t_i} \right) \quad (2.7)$$

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.

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.

La solución óptima del modelo de programación por metas, propuesto por el centro decisor, puede ser obtenida con el paquete informático WINQSB – Linear and integer programming–.

#### **2.4.1.2. Programación por metas lexicográficas**

En la programación por metas ponderadas, se supone que todas las metas para el centro decisor tienen una importancia comparable. 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, entre otras. 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;

1. Se construye la estructura del modelo de programación por metas (2.1), 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,  $i = 3$  tercera prioridad y subsiguientes prioridades), asociadas a las respectivas metas según las preferencias del decisor.
3. Construir el vector función de logro que reemplaza a la función objetivo tradicional, completando así el proceso de minimización lexicográfica de las variables desviación no deseadas;

$$Lexmín = [h_1(N_i, P_i), h_2(N_i, P_i), \dots, h_k(N_i, P_i)] \quad (2.8)$$

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;

$$Lexmín = [a_1, a_2, \dots, a_k] \quad (2.9)$$

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  $Q_i$ .

El modelo de programación de metas con prioridades, puede solucionarse recurriendo al uso del paquete informático WINQSB –QuantitativeSystems Business–.

#### 2.4.1.3. Programación por metas MINIMAX

Este método busca la minimización de la máxima desviación, de entre todas las desviaciones posibles. Su estructura matemática se puede observar en la siguiente expresión:

$$Min d \quad (2.10)$$

s.a.

$$\alpha_i N_i + \beta_i P_i \leq d$$

$$f_i(x) + N_i - P_i = t_i$$

$$N_i \geq 0, P_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, p$$

De ésta estructura matemática, se determina que  $d$  es la máxima desviación, los valores  $\alpha_i$  y  $\beta_i$  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 ( $N_i$ ),  $\beta_i$  tomaría el valor de cero en la respectiva meta; en caso contrario, si fuese la variable positiva ( $P_i$ ), la no deseada;  $\alpha_i$  tomaría el valor de cero.

#### 2.4.2. Método de las restricciones

El método de la restricción consiste básicamente en la transformación del problema multiobjetivo en un problema con un único objetivo a maximizar o minimizar, para poder así utilizar los métodos de resolución clásicos como el Simplex.

Este método optimiza uno de los  $n$  objetivos y se trata como una función objetivo propiamente dicha mientras que los demás objetivos se incorporan al conjunto de restricciones como restricciones paramétricas. Para cada conjunto de valores que se le asigne al vector de términos independientes, o término de la derecha, se genera un elemento del conjunto eficiente.

Así, en un problema multiobjetivo con  $n$  objetivos a maximizar, la aplicación del método de las restricciones conduce al siguiente nuevo programa lineal paramétrico:

$$\text{Max } f_j(x) \tag{2.11}$$

s. a

$$f_j(x) \geq H_i \quad i = 1, 2, \dots, j-1, j+1, \dots, n$$

Modificando los valores de  $H_i$  en la función objetivo pueden plantearse distintos modelos, de modo que se obtendrá una solución eficiente para cada uno de ellos. El parámetro  $H_i$  se mueve en un intervalo determinado por el valor ideal y anti-ideal de la función objetivo.

Para conseguir que el subconjunto generado sea lo más aproximado posible al real, es necesario elegir y modificar los valores de  $H_i$  de modo que se trate de cubrir todo el posible campo de variación de dichos valores.

Finalmente para la presentación al centro decisor se muestran los diferentes valores que toman las cotas ( $H_i$ ), así como el efecto que genera sobre las distintas funciones objetivo y las variables de decisión (**Tabla 2.3**).

**Tabla 2.3** Soluciones generadas con las distintas cotas

$H_i \quad i = 1, 2, \dots, j-1, j+1, \dots, n$	$f_j(x) \quad j = 1, \dots, p$	$x_i \quad i = 1, \dots, p$
⋮	⋮	⋮

**Fuente:** Elaboración propia

Este modelo de programación multiobjetivo puede solucionarse recurriendo al uso del paquete informático WINQSB – Linear and integer programming–.

## 2.5. Análisis de sensibilidad

No hay consenso en cómo determinar la “calidad” de un método de decisión y de la fiabilidad de los resultados obtenidos. En este sentido, el análisis de sensibilidad se puede definir como la estabilidad o comportamiento de la solución ante pequeñas modificaciones en las preferencias ocurridas durante el proceso de resolución o ante pequeñas modificaciones en los valores tomados para los parámetros, es lo que algunos autores consideran como eficiencia del método de decisión multicriterio.

El análisis de sensibilidad es la técnica que determina cómo diferentes valores de una variable independiente impactan en una variable dependiente bajo un conjunto de supuestos. Estudia cómo la incertidumbre en el resultado de un modelo o sistema matemático puede asignarse a diferentes fuentes en sus variables de entrada. Dando un cierto rango de variables se puede predecir el resultado de una decisión, esto es conocido también como análisis de simulación o «qué pasa si». Al crear un conjunto dado de variables, un analista puede determinar cómo los cambios en una variable afectan el resultado.

Una de las aplicaciones clave del análisis de sensibilidad es en el uso de modelos por parte de los gerentes y responsables en la toma de decisiones. Se puede utilizar todo el contenido necesario para el modelo de decisión mediante la aplicación repetida del análisis de sensibilidad. Ayuda a los analistas de decisión a comprender las incertidumbres, los pros y los contras, con las limitaciones y el alcance de un modelo de decisión.

Es imprescindible para el encargado de tomar decisiones tener alguna indicación sobre cuán sensibles serán las elecciones al cambiar una o más variables de entrada. Una buena práctica de modelado requiere que el modelador realice una evaluación de la confianza en el modelo.

El análisis de sensibilidad puede entonces ser definido como un proceso sistemático utilizado para explorar cómo una solución considerada como “óptima” en el sentido paretiano, responde a los cambios introducidos en las condiciones de partida, las cuales típicamente serán o son valores conocidos que podrán variar en el futuro o parámetros cuyos valores estarán expuestos a cuestionamiento. De este modo, el análisis se sustenta alrededor del supuesto previo de que la optimización es el escenario principal, con la incertidumbre considerada como un factor potencialmente perjudicial.

Los resultados a los que se arriba aplicando el método de las restricciones constituyen un análisis de sensibilidad propiamente dicho, mostrándose los valores de ganancia que se pueden obtener mediante la variación que en este caso toman los valores correspondientes a la disponibilidad de materia prima.

En la formulación de un modelo de programación por metas se deben identificar por cada objetivo un valor numérico deseado para la correspondiente función objetivo y asignar valores que representen la importancia que se da al cumplimiento de cada meta.

Las metas son subjetivas en el sentido de que representan valores que los gerentes de la organización quisieran obtener idealmente. Debido a que la solución óptima del problema de programación por metas resultante depende de los valores específicos de las metas que se hayan establecido, resulta valioso efectuar un análisis de sensibilidad con estos valores, antes de tomar las decisiones finales.

## **2.6. Conclusiones parciales**

1. El procedimiento metodológico descrito posee múltiples bondades y puede ser ampliamente utilizado en la modelización multicriterio de diferentes procesos empresariales de producción y servicio.
2. El propósito de la programación por metas es hallar un consenso entre las variables de decisión para el logro de múltiples objetivos tomando como referencia niveles de aspiración fijados previamente que representan las preferencias del centro decisor.
3. El método de las restricciones consiste en escoger una de las funciones objetivos y tomar el resto como restricciones paramétricas del modelo que permiten a partir de la variación de sus términos independientes generar una aproximación al conjunto eficiente, recayendo en el centro decisor la responsabilidad de seleccionar el óptimo dentro de las diversas combinaciones de variables.

## **CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA TOMA DE DECISIONES CON ENFOQUE MULTICRITERIO**

En el siguiente capítulo se procede a la aplicación del procedimiento metodológico que sirve como base para la toma de decisiones multicriterio desarrollado en la entidad objeto de estudio.

### **3.1. Identificación del problema**

#### **Caracterización de la Empresa Provincial de Confecciones y Calzado (CALCONF)**

La Empresa Provincial de Confecciones y Calzado, perteneciente al Grupo VICLAR, fue creada por Resolución No. 115 del 16 de febrero del 2002 del Ministerio de Economía y Planificación y la Resolución 4 del 2002 del Presidente de la Asamblea del Poder Popular de Villa Clara, con el propósito de confeccionar textiles, calzados y sus derivados.

La entidad, con domicilio legal, Callejón de la Palma No. 30 entre Juan Bruno Zayas y Esquerri, Santa Clara, Villa Clara, está integrada por cuatro áreas de regulación y control y 8 unidades empresariales de base (UEB), ver **Anexo 2**.

La organización con el fin de dar respuesta a las necesidades de nuestros clientes está integrada por una Dirección General y las direcciones de regulación y control de: Capital Humano; Contabilidad y Finanzas; Gestión; Producción y Comercialización, así como por 8 unidades empresariales de base cuyas actividades se concretan al cumplimiento del objeto social y empresarial de la entidad, estas son:

**UEB de Operaciones:** Carretera Central e/ Tristán y San Cristóbal, Municipio Santa Clara, Provincia Villa Clara. Que ejecuta el correcto trabajo del almacén de materias primas; garantiza los suministros de materias primas y materiales para la producción; brinda el servicio de mantenimiento tecnológico a las instalaciones fabriles; además el control de la correcta explotación del transporte y el cumplimiento de lo establecido en el objeto social de la Empresa.

**UEB Productivas:** Existen siete unidades destinadas a garantizar las producciones de confecciones textiles y calzados y sus derivados, compuestas por diferentes talleres y brigadas las cuales están distribuidas de la forma siguiente:

UEB No. 1 Quemado

UEB No. 2 Cifuentes

UEB No. 3 Encrucijada

UEB No. 4 Camajuani

UEB No. 5 Santa Clara

UEB No. 6 Placetas

UEB No. 7 Ranchuelo

La Empresa de Confecciones y Calzado, se encuentra en un entorno favorable que le permite alcanzar sus objetivos estratégicos fundamentales para cumplir con su MISION y sentar las bases para el logro de las metas proyectadas en su VISION, para lo que aprovecha las oportunidades, políticas del PCC y gobiernos provinciales para el desarrollo local, uso del crédito bancario para la compra de materias primas, políticas encaminadas a la sustitución de importaciones, posibilidad de penetración en nuevos nichos del mercado principalmente como insumos para el turismo, desarrollo del capital humano a través de las relaciones de intercambio y entrenamientos con universidades y centros de gestión, reconocimiento del MEP a la necesidad de otorgarnos capital de trabajo en CUC, consolidar el sistema de comunicación tanto interna como externa y aprovechar el alto sentido de pertenencia actual de los trabajadores para establecer las estrategias, criterios de medidas y planes de acciones que la sustentan como elementos esenciales en esta formulación de la solución a la situación actual.

#### **Actividades principales de la Empresa.**

La empresa en su objeto social tiene como principales actividades, las siguientes:

1. Producir y comercializar confecciones textiles, calzado y otras producciones derivadas.
2. Brindar servicios de bordados y serigrafía.

#### **Misión**

Producir y comercializar confecciones textiles, calzado y otras producciones derivadas.  
Brindar servicios de bordado y serigrafía.

**Visión**

”Somos líder en confecciones textiles, distinguidos por la calidad y una gestión empresarial innovadora”.

**Valores****PROFESIONALIDAD:**

La experiencia de nuestros trabajadores así como su especialización nos permite estar a la vanguardia en nuestros productos estrella, ya que estamos orientados hacia las necesidades de los clientes y la ética y disciplina constituyen nuestras principales divisas.

**TRABAJO EN EQUIPO:**

Generalmente colegiamos nuestras decisiones, objetivos y retos a alcanzar, se respetan las ideas de todos y se subordinan en gran medida las necesidades y habilidades individuales a las grupales.

**EFICIENCIA:**

Mantenemos salud financiera en todas nuestras entidades. Nos responsabilizamos totalmente con la calidad de los productos y servicios que ofertamos ya que estamos conscientes de la necesaria correspondencia que debe existir entre estos Valores Compartidos

**Política de la Empresa**

Empresarial de Industria y Artesanía VICLAR y dedicada a producir y comercializar confecciones textiles, calzado y otras producciones derivadas del cuero y brindar servicios de bordado y serigrafía. Se ha propuesto implementar, mantener y mejorar un sistema integrado de gestión calidad, medio ambiente y SST, con el objetivo de satisfacer a las necesidades y expectativas de las partes interesadas sin afectar al medio ambiente y la salud de los trabajadores. En consecuencia con ello, la dirección de la empresa se compromete a:

1. cumplir con los requisitos legales y otros suscritos por nuestra empresa;
2. eliminar los peligros y controlar los riesgos laborales y ambientales y la contaminación evitando mediante su vigilancia las consecuencias negativas;

3. proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, disminuyendo los impactos ambientales asociados a nuestras actividades, productos y servicios a través del uso racional de recursos y la adaptación al cambio climático;
4. garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables previniendo lesiones y deterioro de la salud;
5. garantizar los espacios de consulta y participación de los trabajadores en las decisiones de la dirección;
6. mejorar continuamente el desempeño de la organización y del sistema integrado de gestión.

### **Principios**

1. Contribuir al desarrollo económico y social del país.
2. Reconocimiento del derecho del cliente a recibir un producto con calidad.
3. Aprovechamiento al máximo de los mecanismos económico - financieros que fortalezcan la mejora continua de los procesos y servicios.
4. Proyección de la ciencia y la tecnología en función de contribuir a la solución de los principales problemas de calidad.
5. Incremento de la conciencia en función de la gestión de calidad y medio ambiente, con énfasis en las acciones de educación, capacitación y comunicación.
6. Aplicación del enfoque a proceso como elemento clave de la gestión de calidad y con énfasis especial en la satisfacción del cliente.
7. Aplicación del concepto de Producción y Calidad con énfasis en la adopción de estrategias de Buenas Prácticas de Producción y eficiencia en el uso de los recursos.
8. Reconocimiento de la legislación vigente aplicable.

La empresa ostenta como uno de sus logros más significativos la producción de guayaberas de alta calidad que tienen gran aceptación en el mercado, existen diversos modelos y diseños de los que actualmente se producen tres tipos, guayabera manga larga, manga corta y vestido guayabera. La producción se realiza por pedidos en los que el cliente especifica las cantidades y el tipo de diseño que desea, esto ocurre así para todas las producciones excepto la que es destinada para la venta en la tienda que pertenece a la entidad para la cual no se cuenta con

herramientas que apoyen el proceso de decisión a la hora de determinar las cantidades a producir de cada uno de los modelos.

### 3.2. Formulación del modelo

La resolución del problema de decisión presentado evidencia la necesidad de introducir varios criterios que son inherentes a cualquier proceso de toma de decisiones, se pretende como criterio económico fundamental maximizar el margen bruto (ganancia) que se obtiene mediante la resta del valor unitario del producto y su costo de producción, además se quiere minimizar el consumo de la materia prima principal que es el tejido de importación debido a la dificultad de su obtención y los problemas en el proceso de abastecimiento. Las cantidades a producir de los diferentes modelos constituyen las variables de decisión.

El vestido guayabera no cumple con el concepto de eficiencia paretiana como se muestra en la **Tabla 3.1** es superado por la guayabera de manga corta en ambos criterios, su producción no es eficiente, sin embargo se ha establecido que se deben confeccionar al menos 20 unidades de cada tipo para garantizar la diversidad de los productos a vender, según los especialistas de la empresa el pedido de fabricación debe realizarse en menos de 10 días y se ha establecido una cantidad de 150 unidades debido a que la venta en la tienda no supera esta cifra. La UEB que fabrica las prendas consta de ocho máquinas planas destinadas a la confección con sus respectivas trabajadoras, laborando una jornada de 480 minutos al día.

Los datos que reflejan el valor unitario, el costo de producción, consumo de tejido, la cantidad de botones y las normas de rendimiento por unidad de producto se ven reflejados en la ficha de precios (**Anexo 3**) y la ficha técnica (**Anexo 4**).

A partir de lo reflejado anteriormente se construye el siguiente modelo de programación con objetivos múltiples.

#### **Variables de decisión**

$X_1$ : Cantidad de guayaberas manga larga a producir

$X_2$ : Cantidad de guayaberas manga corta a producir

$X_3$ : Cantidad de vestidos guayabera a producir

#### **Funciones objetivo**

Maximizar  $f_1 = 165,33X_1 + 118,43X_2 + 91,34X_3$  (Ganancia)

Minimizar  $f_2 = 2,25X_1 + 2X_2 + 2,15X_3$  (Consumo de Materia Prima)

**Restricciones de demanda**

$X_1 + X_2 + X_3 = 150$  (Pedido)

$X_1 \geq 20$  (Diversidad de pedido)

$X_2 \geq 20$  (Ídem)

$X_3 \geq 20$  (Ídem)

**Restricciones de recursos**

$240X_1 + 160X_2 + 160X_3 \leq 38400$  (Fondo de tiempo)

$24X_1 + 26X_2 + 16X_3 \leq 20000$  (Botones)

**Restricciones lógicas**

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

**Tabla 3.1.** Valores de los atributos para cada tipo de diseño

	Ganancia	Consumo de materia prima
Guayabera manga larga	165,33	2,25
Guayabera manga corta	118,43	2
Vestido guayabera	91,34	2,15

**Fuente:** Elaboración propia

**3.3. Matriz de pago y conjunto eficiente**

Después de plantear el modelo se procede a utilizar técnicas de programación tradicionales para optimizar cada uno de los objetivos por separados mediante el uso del paquete informático WINQSB (**Anexo 5**) del cual se obtienen los resultados que se muestran en la

**Tabla 3.2.**

**Tabla 3.2.** Resultados obtenidos del WINQSB

	<b>Maximizar ganancia</b>	<b>Minimizar consumo de materia prima</b>
Guayabera manga larga	110	20
Guayabera manga corta	20	110
Vestido guayabera	20	20
Ganancia	22381,7	18160.7
Consumo de MP	330,5	308

**Fuente:** Elaboración propia

Tomando como base estos resultados se confecciona la matriz de pagos (**Tabla 3.3**) que nos ofrece información sobre los valores ideales (\$ 22381,70; 308 m) y anti-ideales (\$ 18160; 330,5 m) para cada atributo, elementos que marcan los extremos del conjunto eficiente del modelo y nos da una aproximación de los valores que pueden ser solución para el problema.

**Tabla 3.3.** Matriz de pagos

	<b>Ganancia</b>	<b>Consumo de MP</b>
$X_1 = 110, X_2 = 20, X_3 = 20$	<b>22381,7</b>	330,5
$X_1 = 20, X_2 = 110, X_3 = 20$	18160.7	<b>308</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Aplicación de los métodos multicriterio

#### 3.4.1. Programación por metas ponderadas

En la programación por metas se tienen en cuentas las aspiraciones del centro decisor respecto al logro de cada objetivo, los especialistas de la empresa desean obtener para el mes en que se realiza el estudio una ganancia de 21500 pesos y emplear 310 metros de tejido importado.

Se plantean las restricciones metas construidas por la unión de los atributos con sus correspondientes niveles de aspiración por medio de las desviaciones.

$$165,33X_1 + 118,43X_2 + 91,34X_3 + N_1 - P_1 = 21500$$

$$2,25X_1 + 2X_2 + 2,15X_3 + N_2 - P_2 = 310$$

Además de las variables de desviación originales se establecen las siguientes:

$N_1$ : Cantidad de pesos que faltan para la ganancia meta de \$ 21500.

$P_1$ : Cantidad de pesos en que se excede la ganancia de la meta de \$ 21500.

$N_2$ : Cantidad de metros que faltan para el consumo de materia prima meta de 310 m.

$P_2$ : Cantidad de metros en que se excede el consumo de materia prima de la meta de 310 m.

Se procede a identificar las variables de desviación no deseadas, para la función de maximizar la ganancia se establece  $N_1$  y para la función de minimizar el consumo de materia prima  $P_2$ .

Se plantea como función objetivo la expresión que minimiza la desviación de las variables no deseadas.

$$\text{Min } N_1 + P_2$$

Los valores de las variables de desviación están medidos en diferentes unidades (pesos y metros), por esta razón se procede a homogenizarlas dividiendo ambas por sus respectivos niveles de aspiración.

$$\text{Min } \left(100 \frac{N_1}{21500}\right) + \left(100 \frac{P_2}{310}\right)$$

La directora de producción ha especificado que es dos veces más importante cumplir con el objetivo de 310 metros en el consumo de materia prima que el objetivo de 21500 pesos que se establece para la ganancia.

$$\text{Min} \left( 100 \frac{N_1}{21500} \right) + 2 \left( 100 \frac{P_2}{310} \right)$$

A partir de lo anteriormente expuesto se obtiene un modelo de programación lineal tradicional que puede ser resuelto usando el paquete informático WINQSB (**Anexo 6**).

$$\text{Min } 0,00465N_1 + 0,645P_2$$

Sujeto a:

$$165,33X_1 + 118,43X_2 + 91,34X_3 + N_1 - P_1 = 21500$$

$$2,25X_1 + 2X_2 + 2,15X_3 + N_2 - P_2 = 310$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 150$$

$$X_1 \geq 20$$

$$X_1 \geq 20$$

$$X_3 \geq 20$$

$$240X_1 + 160X_2 + 160X_3 \leq 38400$$

$$24X_1 + 26X_2 + 16X_3 \leq 20000$$

$$X_1, X_2, X_3, N_1, P_1, N_2, P_2 \geq 0$$

Los resultados que se muestran a continuación (**Tabla 3.4**) reflejan los valores óptimos de las variables que tienen como objetivo satisfacer las aspiraciones del centro decisor.

**Tabla 3.4.** Resultados obtenidos del WINQSB

$X_1$	$X_2$	$X_3$	Ganancia	Consumo MP	$N_1$	$P_1$	$N_2$	$P_2$
91	39	20	21490,6	325,75	9,4	0	0	15,75

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.2. Método de las restricciones

Se selecciona como el objetivo a optimizar la ganancia y se utilizan para los términos independientes de la restricción paramétrica valores que se encuentran entre 308 metros y 330,5 metros (ideal y anti-ideal) para generar diferentes elementos del conjunto eficiente (**Tabla 3.5**), utilizando el paquete informático WINQSB se resuelve el siguiente modelo (**Anexo 7**):

$$\text{Maximizar } f_1 = 165,33X_1 + 118,43X_2 + 91,34X_3$$

Sujeto a:

$$2,25X_1 + 2X_2 + 2,15X_3 \leq H_i$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 150$$

$$X_1 \geq 20$$

$$X_2 \geq 20$$

$$X_3 \geq 20$$

$$240X_1 + 160X_2 + 160X_3 \leq 38400$$

$$24X_1 + 26X_2 + 16X_3 \leq 20000$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

**Tabla 3.5.** Resultados obtenidos mediante WINQSB

$H_i$	Ganancia( \$ )	Consumo de MP (m <sup>2</sup> )	Guayaberas manga larga	Guayaberas manga corta	Vestido guayabera
330.5	22381,7	330.5	110	20	20
328	21912,7	328	100	30	20
325.5	21443,7	325.5	90	40	20

323	20974,7	323	80	50	20
320.5	20505,7	320.5	70	60	20
318	20036,7	318	60	70	20
315.5	19567,7	315.5	50	80	20
313	19098,7	313	40	90	20
310.5	18629,7	310.5	30	100	20
308	18160,7	308	20	110	20

**Fuente:** Elaboración propia

Los datos mostrados previamente constituyen un análisis de la variación en los resultados que se puede obtener a través de una exploración del conjunto eficiente y que permiten al centro decisor valorar las posibles soluciones y decidir teniendo en cuenta sus preferencias.

### 3.5. Análisis de sensibilidad

El plan óptimo de producción obtenido mediante el uso del paquete informático WINQSB – Linear and integer programming– para el modelo de programación por metas es el siguiente:

Producir 91 guayaberas manga larga, 39 guayaberas manga corta y 20 vestidos guayabera.

Con este plan faltan 9,4 pesos para cumplir la meta de ganancia que equivale a 21500 pesos mientras que el gasto de materia prima se pasa en 15,75 metros de la meta planteada de 310 metros. Por consiguiente dicho plan de producción tiene como resultado una ganancia de 21490,6 pesos y un gasto de materia prima de 325,75 metros.

El análisis de sensibilidad se realiza en la meta correspondiente al gasto de materia prima, en el cual se desea verificar si un pequeño cambio en dicha meta, digamos un aumento de 10 metros, provoca variaciones en el plan de producción actual.

Después de resolver el problema con la nueva meta (**Anexo 8**) se observa que solamente cambia el valor de la variable  $P_2$ , que refleja la cantidad en que se sobrepasa el consumo de

materia prima, pero el plan de producción actual sigue igual. Siempre y cuando la meta de consumo de materia prima no cambie demasiado, el plan actual sigue siendo óptimo, aunque cambie la cantidad por la cual no se cumple la meta. La cantidad en que se puede cambiar la meta sin afectar el plan actual de producción es precisamente el intervalo de sensibilidad asociado con el lado derecho de la restricción de consumo de materia prima. En el análisis de sensibilidad obtenido con WINQSB (**Anexo 9**) se observa que el plan de producción actual sigue siendo óptimo siempre que la meta de consumo de materia prima este por debajo de 325,8 metros. Esta información es importante debido a que la gerencia ya sabe que establecer una meta de consumo de materia prima por debajo de la meta actual de 310 metros es inútil, pues hacerlo no tendrá efecto sobre el plan óptimo de producción.

Los valores que definen la importancia de cada meta son valores subjetivos escogidos por el encargado de tomar las decisiones. Antes de tomar cualquier decisión final es necesario saber que tan sensible es la solución óptima a cambios en dichos valores. El valor que se le asigna a la meta de ganancia es uno y se toma como la base para determinar los otros valores, por consiguiente no es necesario realizar un análisis de sensibilidad a este valor. Por el contrario, el valor dos que se asigna al no cumplimiento de la meta de consumo de materia prima refleja la creencia de que este objetivo es dos veces más importante que el de la ganancia. Observando los datos obtenidos del WINQSB (**Anexo 9**) sobre el análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo, se puede observar que siempre que el valor para  $P_2$  este entre 0 y 2,70 (valores normales, en la salida del software se muestran los valores homogenizados), el plan actual sigue siendo óptimo. Resumiendo, siempre y cuando el valor de importancia de no cumplir con la meta de consumo de materia prima sea de 2,7 veces el valor de no cumplir con la meta de ganancia, el plan actual sigue siendo óptimo.

### 3.6. Conclusiones parciales

1. Los métodos de decisión multicriterio desarrollados sirven como una herramienta que permite al centro decisor determinar las cantidades idóneas a producir para cada tipo de diseño.
2. El modelo diseñado para la solución del problema puede estar sujeto a cambios que permiten utilizarlo de manera continua en la determinación de los flujos de producción en la confección de guayaberas.

3. El método de las restricciones lleva ante el decisor un conjunto de alternativas eficientes que después de un análisis preliminar facilitan el proceso de decisión, mientras que la programación por metas nos presenta una solución de consenso tomando como base las preferencias del decisor previamente establecidas

**CONCLUSIONES GENERALES**

1. La revisión de la literatura especializada para la conformación del marco teórico referencial permitió definir las bases que sustentan la decisión multicriterio y las bondades que pueden ofrecer las técnicas de este tipo, especialmente las que presentan un enfoque multicriterio continuo, que pueden ser ampliamente utilizadas en empresas del sector productivo.
2. La estructuración de un procedimiento metodológico que permite la utilización de métodos multicriterio con enfoque continuo brinda a la dirección administrativa una herramienta capaz de optimizar el proceso de decisión para la planificación productiva de los recursos empresariales.
3. La programación por metas y el método de las restricciones son técnicas que presentan un gran número de bondades siendo capaces de representar las preferencias del centro decisor en diferentes momentos del proceso de decisión.
4. La aplicación de la programación por metas resultó en la selección de las cantidades a producir de cada modelo del producto que permiten el mayor acercamiento a los niveles de aspiración para cada criterio fijados por los directivos, mientras que el método de las restricciones presentó a la directiva un grupo de soluciones en las que se logra visualizar las variaciones que ocurren dentro del conjunto eficiente permitiendo seleccionar la mejor alternativa en base a las prioridades de los encargados de tomar la decisión, prioridades que pueden fluctuar en dependencia de la situación de la empresa y los recursos disponibles en cada momento.

## **RECOMENDACIONES**

1. Implementar un modelo que incluya otros criterios a optimizar que pueden ser considerados por parte de la dirección para decidir cuánto confeccionar como pueden ser el costo, el tiempo de producción, etc.
2. Extender la aplicación del procedimiento utilizado a los procesos de decisión correspondientes a otros artículos que de igual manera son destinados para la venta al público en la tienda.
3. Presentar el trabajo en futuros eventos científicos que permitan demostrar la utilidad de los métodos multicriterio en el proceso para la toma de decisiones y el logro de la efectividad empresarial en nuestras organizaciones.

**BIBLOGRAFIA**

- ABAD FERRAS, B., (2018) *Estudio comparativo multicriterio para la toma de decisiones para la localización del parque solar fotovoltaico en la Empresa Eléctrica de Ciego de Ávila*. Trabajo de Diploma Pregrado. Santa Clara, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central de Las Villas.
- ASENCIO GARCIA, J., (2012) La objetividad y el subjetivismo decisonal en nuestras organizaciones. Particularidades y virtuosismo de la investigación de operaciones en la solución de problemas empresariales Universidad de Ibagué.
- ASENCIO GARCÍA, J., (2000) *Investigación de operaciones*. Ibagué.
- BARBA-ROMERO, S. & POMEROL, J.-C., (1997) *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. España Universidad de Alcalá.
- BENTHAM, J., (1988) *The Principles Of Morals And Legislation*. New York, Prometheus Books.
- BERUMEN, S. A. & LLAMAZARES REDONDO, F., (2007) “La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente” en *Cuadernos de administración*. 20, 34, julio-diciembre, pp 65-87.
- CABALLERO, R.; LUQUE, M.; MOLINA, J. & RUIZ, F., (2002). Programación multiobjetivo interactiva. En: CABALLERO, R. & FERNÁNDEZ, G. M. (eds.) *Toma de decisiones con criterios múltiples*. Vol.1, pp 123-148, Valencia: Tirant Lo Blanch.
- CABELLO HERCE, A., (2017) *Métodos de decisión multicriterio y sus aplicaciones*. Trabajo de Diploma Pregrado. España, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad de la Rioja.
- COHON, J. L. & MARKS, D. H., (1975) “A review and evaluation of multiobjective programming techniques” en *Water Resources Research*. 11, 2, pp 208-220.
- CORTÉS RODRÍGUEZ, C., (2016) *La Técnica Multicriterio de Programación por Metas en la Gestión de la Pesquería de Chirla (Chamelea gallina) de la Región Suratlántica Española*. Huelva, Departamento de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Huelva.

- CUARTAS TORRES, B. A., (2009) *Metodología para la optimización de múltiples objetivos basada en AG y uso de preferencias*. Maestría Posgrado. Medellín, Universidad Nacional de Colombia.
- CHAKHAR, S. & MOUSSEAU, V., (2010) *Spatial multicriteria decision making*. Francia, University of Paris Dauphine.
- DIAZ CHAVIANO, L. J., (2012) *Evaluación de técnicas de análisis multicriterio para la toma de decisión y su consideración en la evaluación financiera de sistemas híbridos de generación de energía*. Trabajo de Diploma Pregrado. Santa Clara, Departamento de Contabilidad y Finanzas, Universidad Central de Las Villas.
- EL-GAYAR, O. F. & LEUNG, P., (2001) “A multiple criteria decision making framework for regional aquaculture development” en *European Journal of Operational Research*. 133, 3, pp 462-482.
- FARIAS IRIBARREN, G., (2017) “Perspectivas a nivel mundial de la industria de la indumentaria”. *Secondary Perspectivas a nivel mundial de la industria de la indumentaria* [Online], Argentina: MUNDO TEXTIL, Editor disponible en: <https://mundotextilmag.com.ar/perspectivas-a-nivel-mundial-de-la-industria-textil/> [Accessed 20 de mayo 2019].
- FERNÁNDEZ BARBERIS, G. & ESCRIBANO RÓDENAS, M. D. C., (2013) “Historia y Enseñanza” en *Boletín de Estadística e Investigación Operativa*. 29, 1, Febrero 2013, pp 55-77.
- GARCIA AGUADO, A. M., (1998) *Programacion Estocastica por Metas. Teoria y Aplicaciones economicas*. Tesis de Doctorado Posgrado. Madrid, Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad Complutense de Madrid.
- GUERRAS MARTÍN, L. A., (1989) “Gestión de empresas y programación multicriterio” en.
- HWANG, C. L. & YOON, K., (1981) *Multiple attribute decision making : methods and applications : a state-of-the-art survey*. Berlin; New York, Springer-Verlag.
- KORHONEN, P.; MOSKOWITZ, H. & WALLENIUS, J., (1992) “Multiple criteria decision support-A review” en *European Journal of Operational Research*. 63, 3, pp 361-375.

- LARA, B., (1991) *La Decisión, un problema contemporáneo*. Madrid, Espasa Universidad.
- MARRERO DELGADO, F., (2001) *Procedimientos para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y transporte de la caña de azúcar. Aplicaciones en la industria azucarera de la provincia de Villa Clara*. Tesis de Doctorado Santa Clara, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central de Las Villas.
- MARRERO DELGADO, F.;ASENCIO GARCÍA, J.;CESPÒN, R.;LEDÓN, R. & HERNÁNDEZ-PÉREZ, G., (2014). Toma de decisiones multicriterio en cadenas agroindustriales azucareras. pp 958-761, Colombia.
- MIETTINEN, K., (1999) *Nonlinear Multiobjective Optimization*. MEDIA, S. S. B., Springer US.
- MONTESINO RONQUILLO, Y., (2012) *Manual de Métodos Multicriterio para la Toma de Decisiones*. Trabajo de Diploma Pregrado. Santa Clara, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Central de Las Villas.
- OZERNOY, V. M., (1992) “Coosing the “Best” Multiple Criteria Decision Making Method” en *INFOR Canadian Journal of Operation Research*. Vol.30,pp 159-171.
- PLIEGO MARTÍNEZ, O. A., (2012) *Programación lineal multiobjetivo: análisis, técnicas y casos de aplicacion*. Tesis de Maestría Posgrado. Mexico, Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- RIOS, S.;RIOS INSUA, M. J. & RIOS INSUA, S., (1989) *Procesos de decision multicriterio*. Madrid, Editorial EUEDEMA.
- ROMERO, C., (1993) *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. España, Alianza Editorial.
- ROMERO, C., (1996) *Análisis de las decisiones multicriterio*. Isdefe.
- RUIZ DE LA RÚA, F., (2018) *Historia de una Decisión*. España, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Málaga.
- SIMON, H. A., (1955) “A behavioural model of rational choice” en *Quarterly Journal of Economics*. 69, 1,pp 99-118.

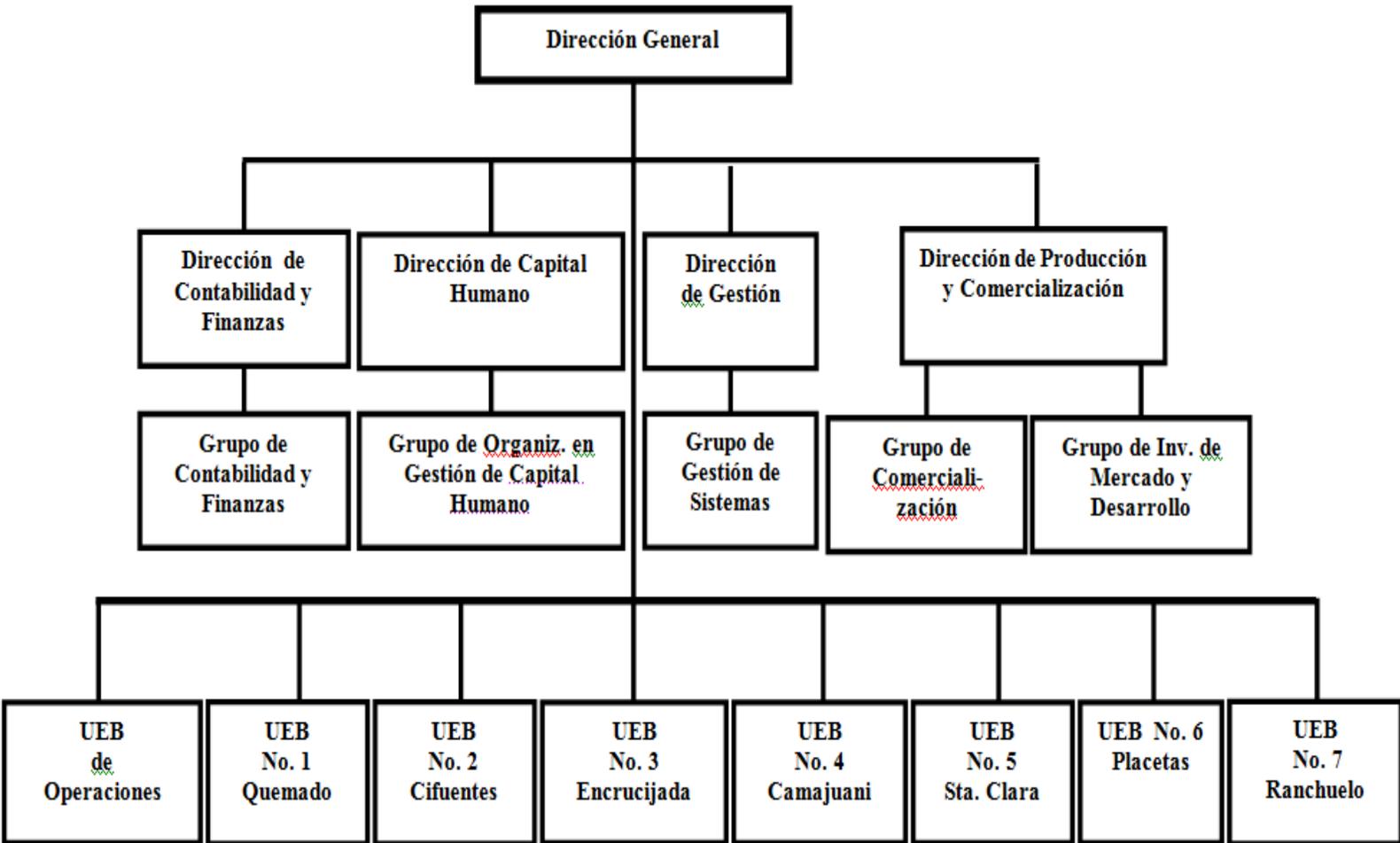
- SIMON, H. A., (1977) *The New Science of Management Decision*. New Jersey, Prentice Hall PTR.
- SIMON, H. A., (1983) *Reason in Human Affairs*. Stanford, Stanford University Press.
- STEUER, R., (1986) *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application*. Wiley.
- TAMIZ, M.; JONES, D. & ROMERO, C., (1998) "Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art" en *European Journal of Operational Research*. 111, 3, Diciembre 1998, pp 569-581.
- VINCKE, P., (1992) *Multicriteria decision-aid*. Nueva Jersey, John Wiley & Sons.
- VITORIANO, B., (2007) "Teoría de la decisión: decisión con incertidumbre, decisión multicriterio y teoría de juegos" en *Universidad Complutense de Madrid*. 107.
- VITORIANO, B. & RAMOS, A., (2010) "PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA: Métodos de optimización". Madrid, disponible en: <http://www.mat.ucm.es>.
- ZELENY, M., (1982) *Multiple criteria decision making*. New York, McGraw-Hill.
- ZUNZUNEGUI SUAREZ, A., (2017) *La Teoría de Decisión Multicriterio*. Trabajo de Diploma Pregrado. España, Departamento de Administración de Empresas, Universidad de Cantabria.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Comparación entre los paradigmas monocriterio y multicriterio (Montesino Ronquillo, 2012)

<b>Aspecto</b>	<b>Monocriterio</b>	<b>Multicriterio</b>
<b>Cantidad de criterios de decisión</b>	único	al menos 2
<b>Preferencias del decisor</b>	se tiene en cuenta en la función objetivo	se considera en la solución del problema
<b>Paradigma</b>	tradicional	multicriterio
<b>Problemas a los que se aplica</b>	tecnológicos	económicos y tecnológicos
<b>Deseos del decisor a través de</b>	un criterio	criterios en conflicto
<b>Calidad de la solución obtenida</b>	solución óptima	mejor solución compromiso entre los criterios utilizados
<b>Tipo de datos que utiliza</b>	cuantitativos	cuantitativos y cualitativos
<b>Cercanía a las preferencias del decisor</b>	escasa	grande
<b>Libertad de juicio del decisor</b>	ocultada	proporcionada
<b>Posibilidad de análisis interactivo</b>	escasa	grande
<b>Forma en que se muestran los diferentes criterios</b>	enmascarados en la función objetivo y las restricciones	de manera explícita
<b>Objetividad desde el punto de vista humano</b>	escasa	grande
<b>Proximidad de la modelización del proceso de toma de decisiones a la realidad</b>	escasa	grande
<b>Elementos componentes</b>	alternativas y criterio	alternativas, criterios y pesos
<b>Debilidad fundamental</b>	se desvía considerablemente de los problemas reales de toma de decisiones	
<b>Fortaleza fundamental</b>		mayor precisión en los problemas reales de toma de decisión

Anexo 2. Estructura organizativa de la empresa



## Anexo 3. Fichas de precios de cada artículo

## Guayabera manga larga

FICHA PARA DETERMINAR EL PRECIO Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES		
Confecciones y Calzado	Guayabera ML III	N.Reg.285-19
Organismo: Poder Popular		
Precio Total \$	34,67	U.M.: U
Component \$	5,62	Código: 403.2.04TM128

Guayabera ML III	PRECIO DE VENTA A LA TIENDA		
Código: 403.2.04TM128	Mon. Total	Mon. CUP	Mon. CUC
Precio a formar	130	130	
Precio mas imp. por las ventas 25% y 10% de margen	200	200	
<b>Precio por correlación</b>	<b>200,00</b>	<b>200,00</b>	
Dif. Met. Gasto y Met. Correlación	165,3294	170,9505	-5,6211
Impuesto 25%	50,0000	50,00	0,00
Utilidad	119,91	125,02	-5,11
Precio sin 25%	150,00	150,00	0,00
% Utilidad	79,90	83,30	#DIV/0!

## Guayabera manga corta

FICHA PARA DETERMINAR EL PRECIO Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES		
Confecciones y Calzado	Guayabera MC	N.Reg.287-19
Organismo: Poder Popular		
Precio Total \$	31,56	U.M.: U
Component \$	5,52	Código: 403.2.04TM129

Guayabera MC	PRECIO DE VENTA A LA TIENDA		
Código: 403.2.04TM129	Mon. Total	Mon. CUP	Mon. CUC
Precio a formar	97,5	97,5	
Precio mas imp. por las ventas 25% y 10% de margen	150	150	
<b>Precio por correlación</b>	<b>150,00</b>	<b>150,00</b>	
Dif. Met. Gasto y Met. Correlación	115,4305	120,9505	-5,5200
Impuesto 25%	37,5000	37,50	0,00
Utilidad	82,41	87,52	-5,11
Precio sin 25%	112,50	112,50	0,00
% Utilidad	73,30	77,80	

Vestido guayabera

FICHA PARA DETERMINAR EL PRECIO Y SU COMPONENTE EN PESOS CONVERTIBLES			
Confecciones y Calzado		Vestido Guayabera II	N.Reg.286-19
Organismo: Poder Popular			
Precio Total	\$ 28,66	U.M.: U	
Component	\$ 7,45	Código: 403.2.18TM127	

Vestido Guayabera II Código: 403.2.18TM127	PRECIO DE VENTA A LA TIENDA		
	Mon. Total	Mon. CUP	Mon. CUC
Precio a formar	78	78	
Precio mas imp. por las ventas 25% y 10% de margen	120	120	
<b>Precio por correlación</b>	<b>120,00</b>	<b>120,00</b>	
Dif. Met. Gasto y Met. Correlación	91,3427	98,7915	-7,4487
Impuesto 25%	30,0000	30,00	0,00
Utilidad	65,30	72,08	-6,77
Precio sin 25%	90,00	90,00	0,00
% Utilidad	72,60	80,10	

**Anexo 4.** Ficha técnica de cada artículo**Ficha Técnica**

**Empresa:** CALCONF  
**Destino:** Tienda  
**UEB:** 5

**Específico:** Guayabera ML III  
**Diseño:** ECa-0027-Ma  
**Fecha:** 02/04/19

**No Registro:** 285-19

**Descripción**

Camisa guayabera ML decorada con alforzas, confeccionada con tejido de importación de 1.45m de ancho. El Canesú de la espalda va hacia el frente sobre los hombros cubriendo la unión del frente y la espalda en esta zona, formando punta decorativa, a cada punta se le coloca un botón al centro, también en los bolsillos que son 4, dos superiores y dos inferiores, los bolsillos con hilera de alforzas que al quedar cosidos coinciden perfectamente con las hileras de alforzas ubicadas al medio de cada pieza que forma el frente, cierre con botonadura, en los laterales, abertura con manera y botón. Espalda con 1 hilera de alforzas. Los extremos inferiores de la guayabera con dobladillo de 2.5 cm de ancho. Las Mangas son largas y cierran en puño con ojal y botón. Cuello terminado en pico y con pie de cuello. Entretela en cuello y puño.

**Especificaciones de Calidad:**

Se utiliza hilo de idéntica tonalidad a la del tejido. Los botones ídem color de la tela o transparentes. Terminación con Candelillas. Las costuras en las alforzas serán uniformes Respetar la simetría y concordancia que exige la prenda. Ojales 10 Botones 26

**Consumo de Materiales**

<i>Materia Prima</i>	<i>Código</i>	<i>UM</i>	<i>N. Consumo</i>
Tejido importación v/colores	411.521.BEYA 42066	m	2.25
Entretela Funsionable	411.5.21.BEYA C2801	m	0.12
HILO coser	404*5*02*TEXD A1010	C/5000m	0,08
Botón transparente 18L 4H	403*1*94*ENCO 55428	U	26
Bolsa	401.8.00.EMIM 69964	U	0.1

**Dimensiones en cm**

<u>Talla</u>	<u>SS</u>	<u>S</u>	<u>M</u>	<u>L</u>	<u>XL</u>	<u>XXL</u>	<u>XXXL</u>	
Ancho Pecho	49	51.5	54	56.6	59.1	61.6	64.2	+/- 1cm
Perímetro Cuello	36.5	37.8	39.2	40.3	41.5	42.9	44.1	+/- 1cm
Largo Manga	57	59	60	61	62	64	65	+/- 1cm
Ancho Espalda	37	42	45	48	51	54	57	+/- 1cm
Largo Total	74	75	76	77	78	79	80	+/- 1cm

**Envase:** Envasar 10 x bolsa. Sellar con precinta personalizada CALCONF

**Confeccionado por:** Dainerys Padrón Contino  
 Tec. Confecciones

**Aprobado por:** Ana Iris Paneque  
 Dtora. Producción y Comercialización

## Ficha Técnica

**Empresa:** CALCONF  
**Destino:** Tienda  
**UEB:** 5

**Específico:** Guayabera MC II  
**Diseño:** ECa-0026-Ma  
**Fecha:** 05/04/19

**No Registro:** 310-19

### Descripción

Camisa guayabera decorada con alforzas, confeccionada con tejido +/- 1.45m de ancho. El Canesú de la espalda va hacia el frente sobre los hombros cubriendo la unión del frente y la espalda en esta zona, formando punta decorativa, a cada punta se le coloca un botón al centro, también en los bolsillos que son 4, dos superiores y dos inferiores, los bolsillos con hilera de alforzas que al quedar cosidos coinciden perfectamente con las hileras de alforzas ubicadas al medio de cada pieza que forma el frente, cierre con botonadura, en los laterales, abertura con manera y botón. Espalda con 1 hilera de alforzas. Los extremos inferiores de la guayabera con dobladillo de 2.5 cm de ancho. Las Mangas son Cortas. Cuello con pie de cuello y entretela.

### Especificaciones de Calidad:

Se utiliza hilo de idéntica tonalidad a la del tejido. Los botones ídem color de la tela o transparentes. Terminación con Candelillas. Las costuras en las alforzas serán uniformes Respetar la simetría y concordancia que exige la prenda. Se utilizará tela del mismo tejido como función de entretela en las piezas que exijan su uso. Ojales 8 Botones 24

### Consumo de Materiales

<i>Materia Prima</i>	<i>Código</i>	<i>UM</i>	<i>N. Consumo</i>
Tejido importación v/colores	411.521.BEYA 42066	m	2.00
HILO coser	404*2*61*TEXD 12211	C/5000m	0,079
Entretela Funsionable	411.5.21.BEYA C2801	m	0.10
Botón transparente 18L 4H	403*1*94*ENCO 55428	U	24
Bolsa	401.8.00.EMIM 69964	MU	0.000067

### Dimensiones en cm

<u>Talla</u>	<u>14 SS</u>	<u>14.5 S</u>	<u>15 M</u>	<u>15.5 L</u>	<u>16 XL</u>	<u>16.5 XXL</u>	<u>17 XXXL</u>	
Ancho Pecho	49	51.5	54	56.6	59.1	61.6	64.2	+/- 1cm
Perímetro Cuello	36.5	37.8	39.2	40.3	41.5	42.9	44.1	+/- 1cm
Largo Manga	23	25	25	27	27	27	27	+/- 1cm
Ancho Espalda	37	42	45	48	51	54	57	+/- 1cm
Largo Total	74	75	76	77	78	79	80	+/- 1cm

**Envase:** Envasar 15 x bolsa. Sellar con precinta personalizada CALCONF

**Confeccionado por:** Dainerys Padrón Contino

Tec. Confecciones textil

**Aprobado por:** Ana Iris Paneque

Dtora. Producción y Comercialización

## Ficha Técnica

**Empresa:** CALCONF  
**Destino:** Tienda  
**UEB:** 5

**Específico:** Vestido Guayabera  
**Diseño:** EVe-0002-Fe  
**Fecha:** 03/04/19

**No Registro:** 300-19

### Descripción:

Vestido Guayabera confeccionado con tejido de importación de +/-1.45 m de ancho. Diseño tradicional, con mangas Largas, con alforzas en frente y en la espalda, dos bolsillos en la parte superior y dos en la parte inferior, cuello con entretela y demás elementos que caracterizan al vestido.

Para las alforzas se corta 1paño de 1 m de largo y se divide en 5 partes, de 0.29 m aproximadamente, en cada listón se hacen 2 hileras de 8 alforzas, se utilizan 3 de estas hileras para cada vestido, por lo que en 1 m salen 10 piezas alforzadas, el consumo de tejido para las alforzas es de 0.30m

### Especificaciones de Calidad:

Terminación con candelilla. Se utiliza hilo de idéntica tonalidad a la del tejido, los botones serán transparentes o de igual tonalidad a la del tejido. Las costuras serán de 4 puntadas x cm. El cuello se conforma con entretela. Las sobrecosturas al canto con puntadas de 5 en 1 cm de costura. Cuello con 6 cm de ancho en la punta terminado, Ancho de cuello en su parte central de la espalda de 5 cm. Mangas largas. **Ojal 10, Botón 16**

### Consumo de Materiales

<i>Materia Prima</i>	<i>Código</i>	<i>UM</i>	<i>N. Consumo</i>
Tejido importación v/colores	411.521.BEYA42066	m	2.15
Botón transparente 18L 4H	403*1*94*ENCO 55428	U	16
HILO coser	404*5*02*TEXD A1010	C/5000m	0.062
Entretela Funcionable	411.5.21.BEYA C2801	m	0.08
Bolsa	401.8.00.EMIM 69964	MU	0.0001

**Envase:** Envasar 10 vestidos x bolsa. Sellar con precinta.

### Dimensiones en cm

<i>Parámetros</i>				<i>Tolerancia</i>
<b>Talla</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>EXTRA</b>	
Perímetro de Busto	112	116		+/-1cm
Largo Total	95	95		+/-1cm
Perímetro de Cintura	104	108		+/-1cm
Perímetro de Cadera	114	118		+/-1cm

**Confeccionado por:** Dainerys Padrón Contino  
 Tec. Confecciones Textiles

**Aprobado por:** Ana Iris Paneque  
 Dtora Prod. y comercialización

**Anexo 5.** Salidas de software para la optimización de cada criterio de manera individual.

03:00:56		Sunday	May	05	2019			
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
1	X1	110,0000	165,3300	18.186,3000	0	basic	118,4300	M
2	X2	20,0000	118,4300	2.368,6000	0	basic	-M	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	165,3300
Objective	Function	(Max.) =	22.381,7000					
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	
1	C1	15,0000	=	15,0000	0	1.653,3000	6,0000	17,3333
2	C2	32.800,0000	<=	38.400,0000	5.600,0010	0	32.800,0000	M
3	C3	3.480,0000	<=	20.000,0000	16.520,0000	0	3.480,0000	M
4	C4	110,0000	>=	20,0000	90,0000	0	-M	110,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-46,9000	0	110,0000
6	C6	20,0000	>=	20,0000	0	-73,9900	0	110,0000

02:58:46		Sunday	May	05	2019			
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
1	X1	20,0000	2,2500	45,0000	0	basic	2,0000	M
2	X2	110,0000	2,0000	220,0000	0	basic	-M	2,1500
3	X3	20,0000	2,1500	43,0000	0	basic	2,0000	M
Objective	Function	(Min.) =	308,0000					
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	
1	C1	15,0000	=	15,0000	0	20,0000	6,0000	23,0000
2	C2	25.600,0000	<=	38.400,0000	12.800,0000	0	25.600,0000	M
3	C3	3.660,0000	<=	20.000,0000	16.340,0000	0	3.660,0000	M
4	C4	20,0000	>=	20,0000	0	0,2500	0	110,0000
5	C5	110,0000	>=	20,0000	90,0000	0	-M	110,0000
6	C6	20,0000	>=	20,0000	0	0,1500	0	110,0000

**Anexo 6.** Salida del software para el modelo de programación por metas

	<b>Decision Variable</b>	<b>Solution Value</b>	<b>Unit Cost or Profit c(j)</b>	<b>Total Contribution</b>	<b>Reduced Cost</b>	<b>Basis Status</b>
1	X1	91,0000	0	0	0	basic
2	X2	39,0000	0	0	0	basic
3	X3	20,0000	0	0	0	basic
4	N1	9,3999	0,0047	0,0437	0	basic
5	P2	0	0	0	0,0047	at bound
6	N2	0	0	0	0,6450	at bound
7	P2	15,7500	0,6450	10,1588	0	basic
	<b>Objective</b>	<b>Function</b>	<b>(Min.) =</b>	<b>10,2025</b>		
	<b>Constraint</b>	<b>Left Hand Side</b>	<b>Direction</b>	<b>Right Hand Side</b>	<b>Slack or Surplus</b>	<b>Shadow Price</b>
1	C1	21.500,0000	=	21.500,0000	0	0,0047
2	C2	310,0000	=	310,0000	0	-0,6450
3	C3	150,0000	=	150,0000	0	0,7393
4	C4	91,0000	>=	20,0000	71,0000	0
5	C5	39,0000	>=	20,0000	19,0000	0
6	C6	20,0000	>=	20,0000	0	0,2227
7	C7	31.280,0000	<=	38.400,0000	7.120,0000	0
8	C8	3.518,0000	<=	20.000,0000	16.482,0000	0

Anexo 7. Salidas del software para el modelo resuelto mediante el método de las restricciones

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	100,0000	165,3300	16.533,0000	0	basic	118,4300	M
2	X2	30,0000	118,4300	3.552,9010	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	21.912,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	328,0000	<=	328,0000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	148,8889	160,0000
3	C3	100,0000	>=	20,0000	80,0000	0	-M	100,0000
4	C4	30,0000	>=	20,0000	10,0000	0	-M	30,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	45,0000
6	C6	32.000,0000	<=	38.400,0000	6.400,0010	0	32.000,0000	M
7	C7	3.500,0000	<=	20.000,0000	16.500,0000	0	3.500,0000	M
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	90,0000	165,3300	14.879,7000	0	basic	118,4300	M
2	X2	40,0000	118,4300	4.737,2010	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	21.443,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	325,5000	<=	325,5000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	147,7778	158,7500
3	C3	90,0000	>=	20,0000	70,0000	0	-M	90,0000
4	C4	40,0000	>=	20,0000	20,0000	0	-M	40,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	70,0001
6	C6	31.200,0000	<=	38.400,0000	7.200,0010	0	31.200,0000	M
7	C7	3.520,0000	<=	20.000,0000	16.480,0000	0	3.520,0000	M
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	80,0000	165,3300	13.226,4000	0	basic	118,4300	M
2	X2	50,0000	118,4300	5.921,5010	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	20.974,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	323,0000	<=	323,0000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	146,6667	157,5000
3	C3	80,0000	>=	20,0000	60,0000	0	-M	80,0000
4	C4	50,0000	>=	20,0000	30,0000	0	-M	50,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	95,0001
6	C6	30.400,0000	<=	38.400,0000	8.000,0010	0	30.400,0000	M
7	C7	3.540,0000	<=	20.000,0000	16.460,0000	0	3.540,0000	M

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	70,0000	165,3300	11.573,1000	0	basic	118,4300	M
2	X2	60,0000	118,4300	7.105,8010	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	20.505,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	320,5000	<=	320,5000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	145,5556	156,2500
3	C3	70,0000	>=	20,0000	50,0000	0	-M	70,0000
4	C4	60,0000	>=	20,0000	40,0000	0	-M	60,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	103,3333
6	C6	29.600,0000	<=	38.400,0000	8.800,0010	0	29.600,0000	M
7	C7	3.560,0000	<=	20.000,0000	16.440,0000	0	3.560,0000	M

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	60,0000	165,3300	9.919,7990	0	basic	118,4300	M
2	X2	70,0000	118,4300	8.290,1010	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	20.036,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	318,0000	<=	318,0000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	144,4444	155,0000
3	C3	60,0000	>=	20,0000	40,0000	0	-M	60,0000
4	C4	70,0000	>=	20,0000	50,0000	0	-M	70,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	86,6666
6	C6	28.800,0000	<=	38.400,0000	9.600,0010	0	28.800,0000	M
7	C7	3.580,0000	<=	20.000,0000	16.420,0000	0	3.580,0000	M

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	50,0000	165,3300	8.266,4990	0	basic	118,4300	M
2	X2	80,0000	118,4300	9.474,4010	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	19.567,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	315,5000	<=	315,5000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	143,3333	153,7500
3	C3	50,0000	>=	20,0000	30,0000	0	-M	50,0000
4	C4	80,0000	>=	20,0000	60,0000	0	-M	80,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	70,0000
6	C6	28.000,0000	<=	38.400,0000	10.400,0000	0	28.000,0000	M
7	C7	3.600,0000	<=	20.000,0000	16.400,0000	0	3.600,0000	M

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	40,0000	165,3300	6.613,1990	0	basic	118,4300	M
2	X2	90,0000	118,4300	10.658,7000	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	19.098,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	313,0000	<=	313,0000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	142,2222	152,5000
3	C3	40,0000	>=	20,0000	20,0000	0	-M	40,0000
4	C4	90,0000	>=	20,0000	70,0000	0	-M	90,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	53,3333
6	C6	27.200,0000	<=	38.400,0000	11.200,0000	0	27.200,0000	M
7	C7	3.620,0000	<=	20.000,0000	16.380,0000	0	3.620,0000	M

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	20,0000	165,3300	3.306,6000	0	basic	-M	M
2	X2	110,0000	118,4300	13.027,3000	0	basic	-M	M
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	M
	Objective	Function	(Max.) =	18.160,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	308,0000	<=	308,0000	0	59,2150	128,0000	308,0000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	0	150,0000	M
3	C3	20,0000	>=	20,0000	0	32,0963	20,0000	100,0000
4	C4	110,0000	>=	20,0000	90,0000	0	-M	110,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-35,9723	20,0000	103,7209
6	C6	25.600,0000	<=	38.400,0000	12.800,0000	0	25.600,0000	M
7	C7	3.660,0000	<=	20.000,0000	16.340,0000	0	3.660,0000	M

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	30,0000	165,3300	4.959,8990	0	basic	118,4300	M
2	X2	100,0000	118,4300	11.843,0000	0	basic	-19,6452	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	146,5700
	Objective	Function	(Max.) =	18.629,7000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	310,5000	<=	310,5000	0	187,6000	308,0000	330,5000
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	-256,7700	141,1111	151,2500
3	C3	30,0000	>=	20,0000	10,0000	0	-M	30,0000
4	C4	100,0000	>=	20,0000	80,0000	0	-M	100,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-55,2300	0	36,6666
6	C6	26.400,0000	<=	38.400,0000	12.000,0000	0	26.400,0000	M
7	C7	3.640,0000	<=	20.000,0000	16.360,0000	0	3.640,0000	M

	<b>Decision Variable</b>	<b>Solution Value</b>	<b>Unit Cost or Profit c(j)</b>	<b>Total Contribution</b>	<b>Reduced Cost</b>	<b>Basis Status</b>	<b>Allowable Min. c(j)</b>	<b>Allowable Max. c(j)</b>
1	X1	110,0000	165,3300	18.186,3000	0	basic	118,4300	M
2	X2	20,0000	118,4300	2.368,6000	0	basic	-M	165,3300
3	X3	20,0000	91,3400	1.826,8000	0	basic	-M	165,3300
	<b>Objective Function</b>		<b>(Max.) =</b>	<b>22.381,7000</b>				
	<b>Constraint</b>	<b>Left Hand Side</b>	<b>Direction</b>	<b>Right Hand Side</b>	<b>Slack or Surplus</b>	<b>Shadow Price</b>	<b>Allowable Min. RHS</b>	<b>Allowable Max. RHS</b>
1	C1	330,5000	<=	330,5000	0	0	330,5000	M
2	C2	150,0000	=	150,0000	0	165,3300	60,0000	150,0000
3	C3	110,0000	>=	20,0000	90,0000	0	-M	110,0000
4	C4	20,0000	>=	20,0000	0	-46,9000	20,0000	110,0000
5	C5	20,0000	>=	20,0000	0	-73,9900	20,0000	110,0000
6	C6	32.800,0000	<=	38.400,0000	5.600,0000	0	32.800,0000	M
7	C7	3.480,0000	<=	20.000,0000	16.520,0000	0	3.480,0000	M

**Anexo 8.** Salidas del software para la meta establecida de 320 metros de materia prima

	<b>Decision Variable</b>	<b>Solution Value</b>	<b>Unit Cost or Profit c(j)</b>	<b>Total Contribution</b>	<b>Reduced Cost</b>	<b>Basis Status</b>
1	X1	91,0000	0	0	0	basic
2	X2	39,0000	0	0	0	basic
3	X3	20,0000	0	0	0	basic
4	N1	9,3999	0,0047	0,0437	0	basic
5	P2	0	0	0	0,0047	at bound
6	N2	0	0	0	0,6450	at bound
7	P2	5,7500	0,6450	3,7088	0	basic
	<b>Objective</b>	<b>Function</b>	<b>(Min.) =</b>	<b>3,7525</b>		
	<b>Constraint</b>	<b>Left Hand Side</b>	<b>Direction</b>	<b>Right Hand Side</b>	<b>Slack or Surplus</b>	<b>Shadow Price</b>
1	C1	21.500,0000	=	21.500,0000	0	0,0047
2	C2	320,0000	=	320,0000	0	-0,6450
3	C3	150,0000	=	150,0000	0	0,7393
4	C4	91,0000	>=	20,0000	71,0000	0
5	C5	39,0000	>=	20,0000	19,0000	0
6	C6	20,0000	>=	20,0000	0	0,2227
7	C7	31.280,0000	<=	38.400,0000	7.120,0000	0
8	C8	3.518,0000	<=	20.000,0000	16.482,0000	0

**Anexo 9.** Salidas del software para el análisis de sensibilidad

05-24-2019 03:00:59	Constraint	Direction	Shadow Price	Right Hand Side	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	=	0,0034	21.500,0000	18.535,9000	22.381,7000
2	C2	=	-0,6450	310,0000	-M	325,8001
3	C3	=	0,8828	150,0000	144,6670	178,1964
4	C4	>=	0	20,0000	-M	91,2004
5	C5	>=	0	20,0000	-M	38,7996
6	C6	>=	0,1899	20,0000	0	31,9165
7	C7	<=	0	38.400,0000	31.296,0300	M
8	C8	<=	0	20.000,0000	3.517,6000	M

4	N1	9,3999	0,0047	0,0437	0,0012	at bound	0,0034	M
5	P2	0	0	0	0,0034	at bound	-0,0034	M
6	N2	0	0	0	0,6450	at bound	-0,6450	M
7	P2	15,7500	0,6450	10,1588	0	basic	0	0,8723