

Maestría Ingeniería Industrial

“Diseño de una metodología matemática para la construcción de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral, utilizando mapas cognitivos difusos y Optimización.”

Presentado por:

MIGUEL DE LEÓN RODRÍGUEZ

Director:

ING. HÉCTOR ANDRÉS LÓPEZ OSPINA PhD.



**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
MAestría EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

2018

CONTENIDO

1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	7
1.1 Balanced Scorecard	7
1.2 Mapas estratégicos	8
1.3 Desventajas del Balanced Scorecard.....	9
1.4 Desventajas de los mapas estratégicos.....	10
1.5 Toma de decisiones multicriterio	11
1.6 Mapas cognitivos difusos	12
1.6.1 Revisión de la literatura de mapas cognitivos difusos & BSC	12
1.7 DEMATEL	18
1.7.1 Revisión de la literatura de mapas cognitivos difusos & BSC.....	18
1.8 AHP y ANP	22
1.9 Análisis general de falencias de las herramientas multicriterio en aplicación a los mapas estratégicos.	25
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
3. COHERENCIA CON TEMÁTICAS DE LA MAESTRÍA	26
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	27
5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	27
5.1 Utilización de mapas cognitivos difusos.....	27
5.1.1 Mapas cognitivos.....	27
5.1.2 Lógica difusa.....	28
5.1.3 Ventajas de los mapas cognitivos difusos	29
6. OBJETIVOS	30
6.1 Objetivo general.....	30
6.2 Objetivos específicos.....	30
7. METODOLOGÍA.....	31
8. RESULTADOS.	33
8.1 Revisión del Estado del Arte.....	33
8.2 Selección de Casos de Prueba Basado en experiencias para obtener la información base para el diseño de la herramienta metodológica.	33
8.3 Diseño de una herramienta para la construcción de mapas estratégicos para un cuadro de mando integral, utilizando mapas cognitivos difusos.....	34
8.4 Planteamiento de un modelo de optimización multiobjetivo con parámetros difusos que permita la escogencia óptima entre los objetivos encasillados en las diferentes perspectivas de un cuadro de mando integral.....	35

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
9.1 Caso de estudio de la Metodología Propuesta en una empresa Colombiana.	37
9.1.1 Aplicación de la metodología de MCDs en Metal-Prest.....	38
9.1.2 Aplicación de la metodología utilizando Dematel difuso en Metal-Prest.....	49
9.1.3 Análisis comparativo de la aplicación al caso Metal-Prest entre MCDs y Dematel ...	53
9.1.4 Sometimiento de la metodología al juicio valor de los expertos de Metal-Prest.....	59
9.1.5 Conclusión de la aplicación de la metodología en Metal-Prest	63
9.2 Análisis y Comparación con los Resultados Obtenidos con otras Técnicas Multicriterio en casos relevantes de la literatura.	64
9.2.1 Comparación de la metodología propuesta frente a propuesta en Pardo et al. (2017)	64
9.2.2 Análisis Comparativo de la metodología propuesta y la propuesta en el Caso de estudio de López-Ospina et al. (2017).....	71
9.3 Comparación de los resultados obtenidos con una metodología utilizada en caso de estudio relacionado a mapas cognitivos difusos.	73
9.3.1 Análisis Comparativo del caso de estudio de de Yousef (2014).....	73
9.4 Resumen de resultados obtenidos.....	77
9.5 Propuesta de una mejor metodología basada en el análisis de resultados obtenidos	78
Restricciones	82
10. CONCLUSIONES	83
11. RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	84
Glosario	85
Abreviaturas	85
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
13. ANEXOS	90

Índice de Figuras

Figura 1. Representación gráfica de un mapa estratégico.....	9
Figura 2. Metodología de mapas Cognitivos difusos.	13
Figura 3 Dígrafo de Dematel	18
Figura 4. Descripción metodología Dematel.....	19
Figura 5. Esquema metodológico.....	32
Figura 6. Metodología.	34
Figura 7. Esquema del caso de Estudio “Metalprest”	38
Figura 8. Mapa estratégico.....	72
Figura 9. Flujo de actividades metodología híbrida propuesta.....	79

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Relaciones resultantes MCDs en Metalprest.....	45
---	----

Gráfica 2. Objetivos resultantes MCDs en Metalprest.....	46
Gráfica 3. Beneficios obtenidos MCDs en Metalprest	477
Gráfica 4. Porcentaje de Similitud entre mapas MCDs en Metalprest	48
Gráfica 5. Relaciones resultantes con Dematel en Metalprest.....	52
Gráfica 6. Beneficio obtenido con Dematel en Metalprest	53
Gráfica 7. Objetivos resultantes con Dematel en Metalprest.....	53
Gráfica 8. Relaciones resultantes Dematel VS MCDs en Metalprest	54
Gráfica 9. Porcentaje de Beneficio Dematel vs MCDs en Metalprest.....	544
Gráfica 10. Objetivos resultantes Dematel vs MCDs en Metalprest.....	55
Gráfica 11. Porcentaje de similitud Dematel y MCDs en Metalprest.	57
Gráfica 12. Comparación de porcentajes de similitud con prueba base entre Dematel Y FCMS.58	
Gráfica 13. Comparación relaciones resultantes entre MCDs y Dematel en Pardo et al (2017) .	68
Gráfica 14. Comparacion objetivos resultantes entre MCDs y Dematel en Pardo et al (2017)...	69
Gráfica 15. Porcentaje de similitud entre Dematel y MCDs en caso Pardo et al (2017).....	71
Gráfica 16. Comparación de relaciones Resultantes entre metodología propuesta y la de Yousef (2014).	75
Gráfica 17. Comparación de beneficio obtenido entre metodología prupuesta y la de Yousef (2014).	75
Gráfica 18. Comparación de objetivos resultantes entre metodología propuesta y la de Yousef (2014).	76
Gráfica 19. Número de relaciones resultantes para las tres metodologías.	80
Gráfica 20. Porcentaje de beneficio obtenido para las tres metodologías.....	81
Gráfica 21. Objetivos resultantes para las tres metodologías.	81

Índice de Tablas.

Tabla 1. Ítems, restricción y modelo	36
Tabla 2. Objetivos de la empresa Metal-Prest.	40
Tabla 3. Escala de Likert para describir la importancia de los objetivos.....	41
Tabla 4. Matriz de fortaleza de relaciones totales obtenidas con mapas cognitivos difusos.	41
Tabla 5. Análisis de Causalidad.....	42
Tabla 6. Parámetros y Pruebas Realizadas.....	43
Tabla 7. Resumen de las Iteraciones realizadas.	44
Tabla 8. Resultados de indicador de similitud	47
Tabla 9. Términos Lingüísticos.	49
Tabla 10. Matriz de relaciones totales obtenida con Dematel difuso.	50
Tabla 11. Importancia Global Por Objetivos.	50
Tabla 12. Resumen de las 27 Iteraciones	51
Tabla 13. Pruebas, parámetros y Porcentaje de Similitud	56
Tabla 14. Comparación de Similitud entre Dematel y MCDs.....	58
Tabla 15. Porcentaje de Similitud Dematel y MCDs frente a prueba base	58
Tabla 16. Mapas Obtenidos.	59
Tabla 17. Valores lingüísticos.	65
Tabla 18. Matriz de Fortaleza entre conceptos de Pardo et al. (2016).....	65
Tabla 19. Análisis de causalidad.	66
Tabla 20. Validación de Parámetros.....	67

Tabla 21. Pruebas del Modelo.....	67
Tabla 22. Análisis de Similitud.....	70
Tabla 23. Resumen de resultados obtenidos	77
Tabla 24. Resultado de pruebas en Metodología Híbrida de Metalprest.....	79
Tabla 25. Anexos.	90

Índice de Mapas.

Mapa 1. Obtenido con la metodología MCDs	60
Mapa 2. Obtenido con la metodología DEMATEL.....	61
Mapa 3. Obtenido con la metodología MCDs.....	61
Mapa 4. Obtenido con la metodología DEMATEL.....	62

Resumen

El propósito principal del presente proyecto es desarrollar una metodología para la generación de mapas estratégicos capaz de adaptarse a diferentes modelos organizacionales. La metodología propone reducir la subjetividad inmersa en las decisiones complejas de escogencia de los objetivos que deben, o no, participar en el mapa, así como de las relaciones de causa y efecto entre objetivos para construir la estrategia, que permita a una compañía lograr la consecución de sus propósitos.

Para el cumplimiento del propósito se utiliza la herramienta de análisis multicriterio denominada mapas cognitivos difusos, que pondera las importancias de las relaciones entre pares de objetivos y de los objetivos de forma global en el mapa, suministradas por los tomadores de decisiones, usando herramientas de lógica difusa. La información obtenida se utiliza como insumo para un modelo de optimización que escoge las relaciones y objetivos mejor calificados por los expertos cumpliendo con las condiciones lógicas de dichas estructuras.

Con ánimos de proponer una herramienta metodológica que cumpliera con el objetivo de apoyar a quienes toman decisiones en la construcción de mapas estratégicos, y que además, supere las falencias presentadas por otras metodologías utilizadas para el mismo propósito, se realizó una revisión de la literatura relevante, que permitió determinar desventajas a superar e involucrar beneficios en la propuesta. Los aportes de la técnica fueron constatados probando su desempeño frente a casos donde se utilizan herramientas metodológicas similares y también donde se usan unas distintas, y de igual manera, aplicándola en una empresa del ámbito colombiano.

La metodología ofrece a los responsables de decisiones en una organización, la posibilidad de realizar ejercicios de sensibilidad, ajustando parámetros del modelo, con la finalidad de generar una visión superior del rango de posibilidades y su posible efecto sobre la divulgación de la estrategia. Lo anterior, les permite tomar las mejores decisiones relacionadas a en cuales objetivos centrar los recursos y esfuerzos para la consecución de las metas de la compañía.

1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Los objetivos y directrices que una empresa se debe fijar para generar beneficios sostenibles, deben ser de largo plazo y no deben ceñirse únicamente al aspecto financiero. Lo anterior se debe a que un enfoque exclusivo en este último aspecto, podría generar solamente beneficios en el corto plazo si no está alineado con las demás áreas de la organización. Dado que una planeación estratégica con estas características impide alcanzar rendimientos sostenibles, se debe optar por una donde prime la generación de valor para las partes interesadas (Clientes, gobierno, accionistas), puesto que es de esta manera como se obtienen ventajas que podrían perdurar a lo largo del tiempo.

Una premisa que soporta la idea anterior y ejemplifica que tipo de objetivos generalmente se fijan los tomadores de decisiones de las compañías, es la aportada por Rappaport (2006). Allí se expresa que un gran número de gerentes se esfuerzan en aumentar el valor de la acción o en conseguir ganancias de corto plazo, es decir, beneficios netamente financieros.

Para lograr crear estrategias de largo plazo, es necesario abarcar en esta, objetivos de largo plazo y es indispensable involucrar a todas las áreas de la compañía en los propósitos que se planteen. En ese sentido es de suma importancia el uso de herramientas de medición del desempeño corporativo, que plantean metodologías para administrar y hacer seguimiento a las metas que se definen dentro de cada área. Lo anterior debido a que “Estas herramientas ayudan a los administradores a saber que decisiones tomar para el futuro.” (Chytas et al., 2011)

A continuación se presentan algunas herramientas de medición de desempeño de mayor popularidad en la industria. De igual forma, se expondrán las ventajas que aportan dichas herramientas en la administración de empresas y se evidenciarán algunas críticas que se les han realizado. Lo anterior con el propósito de generar soluciones a las críticas y mejorar el rendimiento de estas herramientas, lo cual es el fundamento del desarrollo del presente proyecto.

1.1 Balanced Scorecard

Una de las herramientas de medición del desempeño que ha tenido mayor impacto y trascendencia, es planteada por Kaplan y Norton. Estos autores introdujeron el concepto de “*Balanced Scorecard*” o cuadro de mando integral como una herramienta para la administración de las organizaciones, siguiendo la premisa que “una administración basada solamente en indicadores financieros es insuficiente” (Porter, 1991). Esta herramienta involucra iniciativas en varios aspectos como son: Finanzas, relación con los clientes, procesos internos y aprendizaje y crecimiento, entre otras, para que también sean tenidas en cuenta por los administradores de la organización.

En esa misma línea, existen otros beneficios que aporta el cuadro de mando integral en la organización:

“El BSC es una de las mejores prácticas del mercado para medir el bienestar de la organización. Este puede ser usado como una herramienta de gestión y administración para trasladar la misión y los objetivos estratégicos de una organización a un conjunto comprensible de medidas de desempeño, que proveen el marco para la medición y administración de una compañía”. (Castro & Ogren, 2002). De lo anterior se recalca la necesidad por parte de estos autores, de desarrollar herramientas que permitan robustecer su resultado.

Cada una de las perspectivas del “*Balanced Scorecard*” es definida por Kaplan & Norton (2001), de la siguiente manera:

- Financiera: Se refiere a las estrategias relacionadas al crecimiento, rentabilidad y riesgo, visto desde la perspectiva de los accionistas.
- Cliente: Estrategias para crear valor y diferenciación desde el punto de vista del cliente, tales como niveles de servicio o índice de satisfacción.
- Procesos internos: Son las estrategias ligadas a los procesos clave de la empresa, aquellos que realmente generan valor al cliente y a los accionistas.
- Aprendizaje y crecimiento: Prioridades estratégicas que generan un clima que soporta el cambio organizacional, innovación y desarrollo.

Los objetivos encasillados en las perspectivas anteriormente mencionadas deben estar relacionados entre sí para generar una estrategia, dicha relación causa-efecto no siempre es sencilla de concebir o evidenciar. Lo anterior puede generar en los tomadores de decisiones, dificultad en la escogencia de los objetivos y relaciones entre los mismos, que divulguen de forma clara su estrategia y en los cuales enfocar los recursos y esfuerzos.

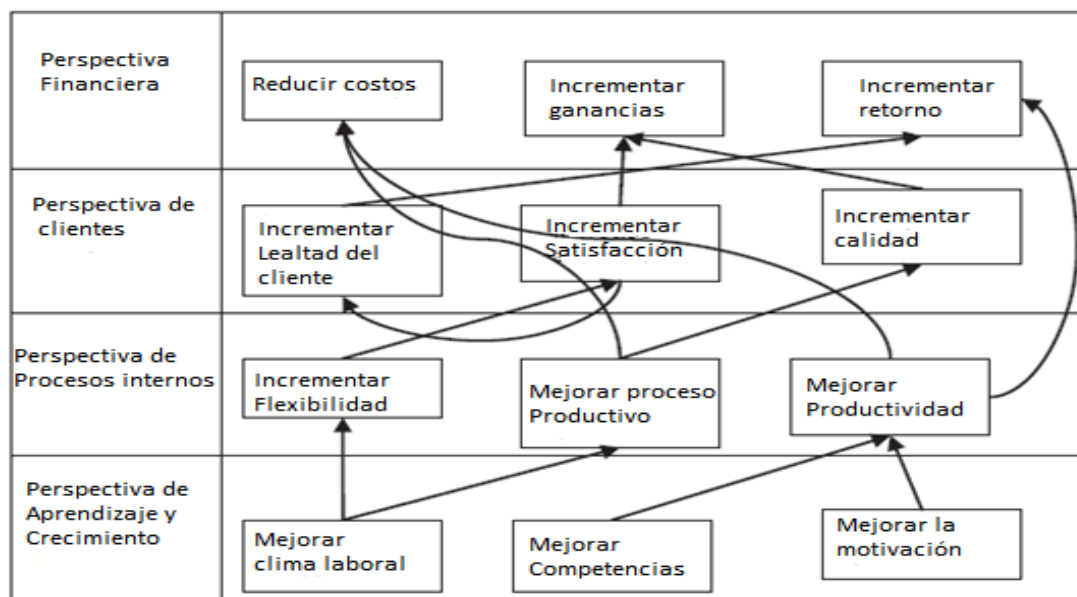
Ante la realidad de la inmersión del ser humano en la era de la información, las compañías no solamente basan la obtención de sus beneficios en los activos tangibles comúnmente conocidos como el terreno o espacio, maquinaria, recursos, entre otros, si no que han identificado activos intangibles de gran valor (Kaplan & Norton 2000). Algunos ejemplos de activos intangibles son las relaciones con los clientes y el conocimiento de su personal, en los cuales las compañías han soportado también en gran parte su desempeño. Sin embargo, esto también ha hecho más difícil interrelacionar las iniciativas en todas las áreas de la compañía y enfocarlas a la estrategia corporativa y los objetivos propuestos.

1.2 Mapas estratégicos

Para lograr de forma más sencilla y didáctica, determinar las interrelaciones entre las iniciativas que se plantean en diferentes áreas de las compañías, se proponen los mapas estratégicos, estos “muestran de manera gráfica como una empresa planea convertir sus diferentes activos en resultados esperados” (Kaplan & Norton, 2000). Esta herramienta utiliza relaciones causa – efecto entre los diferentes objetivos que se encuentran encasillados en las perspectivas de (Finanzas, relaciones con el cliente, operaciones internas y aprendizaje y crecimiento) para dar un enfoque preciso a la estrategia corporativa y de esta forma un apoyo al desarrollo del “BSC”.

Con motivo de aclarar el concepto de relaciones causa – efecto, anteriormente referenciado, se puede observar la figura 1, tomada de Quezada et al. (2014), una representación gráfica de un mapa estratégico de una compañía. En la figura, es posible evidenciar, por ejemplo, la relación existente entre el mejoramiento del lugar de trabajo (objetivo que se encuentra dimensionado en la perspectiva de aprendizaje y crecimiento) y el efecto positivo que causa sobre el incremento de la flexibilidad. Otro ejemplo que se puede apreciar es la relación que existe entre mejorar los procesos de producción (objetivo que se encuentra en la perspectiva de proceso internos) que causa un efecto positivo en el objetivo de reducir costos, el cual pertenece al ámbito financiero.

Figura 1. Representación gráfica de un mapa estratégico.



Fuente: Traducido de Quezada et al., (2014)

En general varios de los objetivos que se encuentran enmarcados en diferentes perspectivas, tienen un impacto sobre otros que se encuentren en la misma, o en diferente perspectiva, a esta relación se le denomina causa-efecto en el ámbito de los mapas estratégicos de un “BSC”. Quienes toman decisiones, deben escoger las relaciones más importantes entre diferentes objetivos y representarlas a través de los mapas estratégicos, lo cual permite entender de manera clara, como se divulga la estrategia corporativa.

1.3 Desventajas del Balanced Scorecard

Más allá de la popularidad del “BSC” como una herramienta de medición del desempeño y apoyo en la definición de la estrategia corporativa, algunos autores han realizado críticas respecto a este modelo. Algunas de estas detracciones se pueden evidenciar en Chytas et al. (2011):

- a) Las relaciones causa-efecto son consideradas en una sola dirección. Tomando en cuenta la premisa que “Los objetivos financieros sirven como el foco para los objetivos y mediciones en las demás perspectivas del cuadro de mando” (Kaplan y Norton, 1996), los autores mencionados critican que esta ignora los circuitos de retroalimentación que deben existir entre dichos objetivos.
- b) Los intercambios o decisiones en las cuales se sacrifica la escogencia de un criterio, para tener en cuenta otro, popularmente conocidos como (*trade-offs*) entre los objetivos y las perspectivas del “BSC”, no son tenidos en cuenta.
- c) Todos los objetivos y medidas en el “BSC” tienen la misma ponderación, lo cual no sucede en la vida real.

Tomando en cuenta lo anterior, se han desarrollado muchas investigaciones en las cuales se utilizan herramientas, generalmente de toma de decisiones multicriterio, para reforzar las falencias que presenta el “BSC” y ofrecer una herramienta de medición del desempeño que se adapte mejor a la realidad. (Véase por ejemplo: Jassbi et al., (2011); Heydariyeh et al., (2012); Quezada y Quintero, (2011); Dodangeh, (2010).

1.4 Desventajas de los mapas estratégicos

Pese a que Kaplan y Norton (2001) introdujeron el modelo de mapas estratégicos para mostrar de manera gráfica como la compañía genera valor a través de las interrelaciones entre las diferentes perspectivas y objetivos del “BSC”, esta herramienta también tiene algunas falencias que son mencionadas en la literatura. Dichos inconvenientes deben ser resueltos y algunos autores han planteado metodologías para hacerlo, logrando que el “BSC” sea un mejor instrumento para la toma de decisiones y medición del desempeño.

En la revisión de la literatura sobre las falencias de los mapas estratégicos hecha por Glykas (2013), se evidencian varias de las desventajas planteadas por diferentes autores.

Inicialmente, el propio autor, afirma que las predicciones acerca del estado del mercado a futuro, o los valores que las relaciones entre objetivos y metas pueden tomar, contienen el componente de incertidumbre. Por este motivo según el autor, sería útil añadir el componente de lógica difusa a los mapas estratégicos (Glykas, 2013).

Por otra parte, Othman (2007), argumenta que la carencia de evolución del tiempo influencia negativamente a los mapas estratégicos en su función de ayudar en la evaluación del desempeño de las compañías.

Finalmente, Buytendjik (2008) cuestiona la habilidad de los mapas estratégicos para tomar decisiones a futuro, debido a su carácter estático, se estaría analizando el futuro a partir de información pasada, lo cual para el mencionado autor no es muy objetivo.

1.5 Toma de decisiones multicriterio

Tomando en consideración las desventajas que presenta el “BSC” y su herramienta de mapa estratégico, varios investigadores han utilizado instrumentos de toma de decisiones multicriterio para solventar algunos de dichos inconvenientes. A continuación se hace una explicación de cómo funcionan estas herramientas de análisis multicriterio, para entender su aporte a la mejora en el diseño de los mapas estratégicos de un “BSC”.

“La toma de decisiones multicriterio (*MDM*) está guiada para tomar decisiones de aspectos con múltiples criterios en conflicto. Una rama de esta ciencia es la de toma de decisiones multiobjetivo (*MODM*), donde quien toma las decisiones, debe escoger algunos objetivos de entre varios, los cuales están en conflicto y son incomparables”. (Dodangeh et al., 2010).

De la anterior, es posible recalcar la relación que existe entre el tipo de decisiones que deben tomar los administradores, al tratar de configurar interrelaciones entre objetivos en diferentes perspectivas de un “BSC”, para dictaminar la estrategia corporativa y las decisiones que ayudan a tomar las herramientas de toma de decisiones multicriterio.

Se han utilizado varios métodos de análisis multicriterio, para ayudar a los tomadores de decisiones a realizar mejores evaluaciones. Algunos de los métodos utilizados son: *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) (Jassbi et al., 2011), *Elimination et Choice Translating Reality* (ELECTRE) (Dodangeh y Mojahed, 2010), *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Quezada y Quintero, 2011), *Analytic Network Process* (ANP) (Quezada et al., 2014), *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) (Dodangeh et al., 2010) y *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje technique* (VIKOR) (Ardekani et al., 2013).

De acuerdo con Baykasog˘lu y Golcuk (2015), las características más influyentes de estas herramientas de toma de decisiones multicriterio, son las de ayudar a quien toma las de decisiones, a estructurar y entender los criterios de decisión, capacidad de simulación de interacciones entre los diferentes criterios y transformar los juicios expresados lingüísticamente en estructuras de preferencias. Esta última característica, es otorgada por la lógica difusa, la cual hace al método mucho más favorable y simple para quienes son los responsables de la toma de decisiones en la organización. Lo anterior se debe a que permite definir el grado de causalidad entre dos objetivos usando variables lingüísticas, utilizando conceptos como “Relación positiva fuerte” o “relación negativa débil” (Sokar et al., 2011), dichos conceptos son asociados a un valor numérico posteriormente y en este caso no es responsabilidad de quien toma las decisiones realizar ponderaciones numéricas que son más complejas.

Los mapas cognitivos difusos, Dematel y AHP son métodos de análisis multicriterio que han sido utilizados en la literatura para solventar algunas de las críticas realizadas al

“BSC” y su herramienta mapas estratégicos. Cada una de las herramientas tiene características que ayudan a facilitar el trabajo de escogencia de relaciones entre objetivos a los directivos de las empresas. Por esta razón es muy importante estudiarlos a fondo y definir qué características de cada uno tener en cuenta para el diseño de una herramienta que de apoyo en el diseño de mapas estratégicos.

1.6 Mapas cognitivos difusos

“Los mapas cognitivos difusos son estructuras gráficas difusas que representan razonamiento causal. Su característica difusa, permite grados confusos de causalidad entre objetos causales confusos” (Kosko, 1986). Diversos autores han utilizado los mapas cognitivos difusos, para resolver algunos problemas de toma de decisiones. Igualmente, se han combinado con otras herramientas de análisis multicriterio, para formar instrumentos poderosos que ayudan a los tomadores de decisiones a realizar su trabajo.

En la revisión del estado del arte sobre las diferentes aplicaciones que han tenido los mapas cognitivos difusos en la última década (Papageorgiou, 2013), es posible encontrar las siguientes aplicaciones desarrolladas por diferentes investigadores en diversos campos de estudio como; Medicina (Papageorgiou 2011), (Papageorgiou 2008), (Papageorgiou 2006) y (Froelich et al. 2009); Ingeniería, (Stylios y Groumpos, 2004, (Beeson et al. 2009) y (Furfaro et al., 2010); Sistemas de producción (Bertolini & Bevilacqua, 2010), (Lo Sorto 2010) y (Pajares et al. 2010); medio ambiente y agricultura (Ramsey & Norbury 2009); Sistemas de información y sistemas de tecnología (Rodríguez et al. 2007), (Bueno y Salmerón 2008); Telecomunicaciones (Li et al., 2009); y Educación (Hossain y Brooks 2008).

1.6.1 Revisión de la literatura de mapas cognitivos difusos & BSC

En la presente sección, se hace una revisión más específica de los estudios que se han realizado utilizando mapas cognitivos difusos en el apoyo del diseño o implementación del “BSC”. Dicha revisión se centrará en su característica de herramienta para la toma de decisiones estratégicas, desarrollo de estrategias corporativas y solución a las desventajas que anteriormente se mencionaron, que presentan el “BSC” y los mapas estratégicos.

Vale la pena mencionar que la literatura en este aspecto es escasa, la revisión que se realiza está enfocada en analizar de manera detallada, tres artículos que se han desarrollado con relación a este tema. Asimismo, se expondrán las metodologías utilizadas y el aporte que hacen a la planeación estratégica, apoyando el “BSC” con el uso de mapas cognitivos difusos como herramienta de toma de decisiones multicriterio.

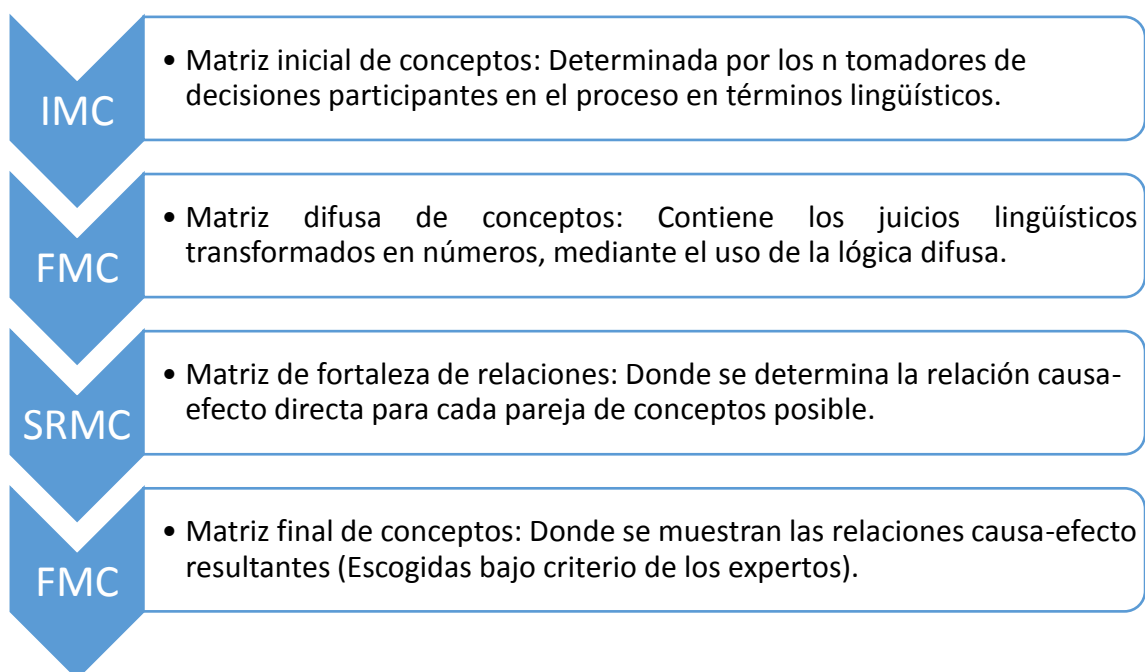
Para un mejor entendimiento de los casos de estudio que se analizarán, primero se describirán los pasos que comprende la metodología MCDs según Rodríguez-Repiso et al. (2007).

1.6.1.1 Descripción de metodología Mapas cognitivos difusos.

La metodología que sigue los mapas cognitivos difusos se describe a continuación, es la utilizada por Rodríguez-Repiso et al. (2007) en su tesis de grado. Dicha metodología se basó en datos obtenidos de entrevistas con personas cuyos conocimientos y experiencia les permiten identificar y evaluar bajo criterios sólidos aquellos factores que de acuerdo con su comprensión deben generar un proyecto exitoso.

La Metodología de mapas cognitivos difusos desarrollada por Rodríguez Repiso et al. (2007), utiliza cuatro matrices para representar los resultados que proporciona en cada una de sus etapas como se describe en el siguiente esquema.

Figura 2. Metodología de mapas Cognitivos difusos.



Fuente: Rodríguez Repiso et al. (2007).

- Matriz Inicial de conceptos (IMC)

La IMC es una matriz $[n \times m]$, donde "n" es el número de factores críticos identificados, también denominados conceptos o variables, y "m" es el número de personas entrevistadas para obtener los datos. Cada elemento O_{ij} de la matriz representa la importancia que un individuo "j" da a un determinado concepto "i" dentro de una escala Likert que relaciona juicios lingüísticos dentro de una escala numérica, que puede ser diferente para diferentes proyectos. Los resultados se transformarán posteriormente en un conjunto difuso con valores entre 0 y 1. Los elementos $O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{im}$ son los componentes del vector V_i asociados al Factor crítico perteneciente a la fila "i" de la matriz.

- Matriz difusa de conceptos (FMCs).

Los vectores numéricos V_i se transforman en conjuntos difusos, donde cada elemento del conjunto difuso representa el grado de pertenencia del componente O_{ij} del vector V_i al propio vector V_i . Los vectores numéricos se convierten en conjuntos difusos con valores dentro del intervalo $[0, 1]$ de la siguiente manera.

1. Encontrar el valor máximo en V_i , y asigne $x_i = 1$, es decir:

$$\text{MAX}(O_{ij}) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 1$$

2. Encontrar el valor mínimo en V_i , y asigne $x_i = 0$, es decir:

$$\text{MIN}(O_{ij}) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 0$$

3. Proyectar los demás elementos del vector en una escala de $[0,1]$ proporcionalmente así:

$$X_i(O_{ij}) = \frac{O_{ij} - \text{MIN}(O_{ip})}{\text{MAX}(O_{iq}) - \text{MIN}(O_{ip})}$$

Donde $X_i(O_{ij})$ es el grado de pertenencia del elemento O_{ij} al vector V_i .

De lo anterior, entonces cada fila de la matriz indica la relevancia de cada objeto o factor, de acuerdo a las sugerencias de los n expertos,

- Matriz de Fortaleza de las Relaciones de conceptos (SRMC)

La SRMC es una matriz $[n \times n]$. Las filas y las columnas de la matriz son los Conceptos críticos de estudio y cada elemento S_{ij} de la matriz indica la relación entre el factor "i" y el factor "j". S_{ij} Puede aceptar valores en el intervalo $[-1, 1]$. S_i es un vector numérico que contiene n componentes, uno para cada concepto que se representará en el mapa. Hay tres posibles relaciones entre dos conceptos "i" y "j". (S_{ij}):

$S_{ij} > 0$ indica causalidad directa (positiva) entre los conceptos "i" y "j". Es decir, el aumento en el valor del concepto "i" conduce a un aumento en el valor del concepto "j".

$S_{ij} < 0$ indica causalidad inversa (negativa) entre los conceptos "i" y "j". Es decir, el aumento en el valor del concepto "i" conduce a una disminución del valor del concepto "j".

$S_{ij} = 0$ indica que no hay relación entre los conceptos "i" y "j".

Por lo tanto, hay que tener en cuenta tres parámetros al asignar valores a S_{ij} :

El signo (o polaridad) de S_{ij} , que indica si la relación entre los conceptos "i" y "j" es directa o inversa, la fuerza del S_{ij} que indica cuán fuertemente el concepto "i" influye en el concepto "j" y la dirección de la causalidad que indica si el concepto "i" causa concepto "j" o viceversa.

- Matriz Final de conceptos (FMC).

Una vez completada la matriz SRMC, algunos de los datos contenidos en ella podrían ser engañosos. No todos los conceptos representados en la matriz están relacionados, y no siempre hay una relación de causalidad entre ellos. Una opinión experta para analizar los datos y convertir el SRMC en la matriz FMC, que contiene sólo aquellos componentes numéricos difusos que representan relaciones de causalidad entre los conceptos es requerida. Al analizar los datos en la matriz SRMC, dos vectores pueden ser relacionados por coincidencia, los vectores pueden mostrar una estrecha relación matemática, mientras que lógicamente los dos conceptos/indicadores podrían no tener relación alguna. Estas relaciones irrelevantes podrían ser fácilmente identificadas por un experto.

En este proyecto, la construcción de la matriz final de conceptos (FMC) se realizará con un modelo de optimización que priorizará la escogencia de los conceptos suministrados en la matriz de fortalezas de relaciones y minimizará dichas relaciones entre pares de conceptos.

1.6.1.2 "A proactive Balanced Scorecard"

Chytas et al. (2011) en su artículo titulado "A proactive balanced scorecard" menciona algunas falencias del "BSC" y de los beneficios que pueden ofrecer los mapas cognitivos difusos. Utilizando el componente de simulación en su metodología, los investigadores desarrollan una red dinámica de indicadores de rendimientos *KPIs* (*key performance indicators*). Su metodología puede realizar ensayos de prueba y error, con las ponderaciones y las interrelaciones entre los diferentes nodos, que corresponden a los (*KPIs*), para realizar un ajuste con más precisión de los diferentes objetivos y metas. Su intención final en el estudio, es desarrollar una metodología que apoye y brinde robustez a los marcos de evaluación de desempeño de la planeación estratégica y específicamente al "BSC".

El método desarrollado, de acuerdo con el autor, sigue la herramienta donde un experto define los conceptos principales que representan el modelo del sistema, basado en su conocimiento y experiencia. La herramienta de mapas cognitivos difusos que incorpora la lógica difusa permite que el experto describa el valor de las interrelaciones entre los objetivos y perspectivas de su mapa estratégico con un valor lingüístico que representa el grado difuso de causalidad entre los conceptos. Los valores lingüísticos son transformados en valores numéricos usando la metodología propuesta por Glykas (2010).

La principal contribución del *“Proactive Balanced scorecard”* es que, incorporando la capacidad de simulación de los mapas cognitivos difusos (FCMs por sus siglas en inglés), se permite a quien toma las decisiones, evaluar la estrategia planteada, realizando pruebas de “qué pasa si” cambiando los valores de las interrelaciones del mapa estratégico y probándolo en diferentes escenarios. Según Chytas et al. (2011), esto permite observar como los *“FCMs”* otorgan al *“BSC”* esa característica de dinamismo requerida para tomar decisiones de largo plazo.

Además de lo anterior, los autores también hacen provecho del dinamismo que los *“FCMs”* representan, al ser gráficos que simbolizan retroalimentación en las interrelaciones de los objetivos, y de esta manera, logran hacer una mejor descripción de la estrategia corporativa. Lo anterior lo realizan basados en una premisa de Kaplan y Norton (2004) de que una ejecución exitosa de una estrategia requiere dos componentes: Medición y administración de la estrategia. De esta manera, con el componente de simulación de los *“FCMs”* se cubre la parte de medición de la estrategia y con el componente gráfico, se cubre la parte descriptiva del concepto.

Con la introducción de estas mejoras en el proceso de desarrollo de un *“BSC”* los autores pretendían solucionar las desventajas planteadas en la literatura tales como la no representación de retroalimentación en las interrelaciones, es decir que las interrelaciones planteadas por los mapas estratégicos van en una sola dirección, lo cual no representa la realidad. Otra desventaja que pretendían solucionar es que todas las perspectivas en el *“BSC”* tienen el mismo peso o valor, y esto no es lo que sucede en la vida real, si no que algunas medidas son más importantes y deben tener mayor impacto que otras.

Pese a los aportes realizados por la metodología planteada en el artículo, los autores proponen solamente utilizar los mapas cognitivos difusos FCMs para realizar la descripción de la estrategia, eliminando los mapas estratégicos como pieza clave de la conformación del *“BSC”*. Lo anterior lo hacen argumentando que los mapas estratégicos presentan falencias que son solventadas por los FCMs como lo son la imposibilidad de simular diferentes escenarios y la forma jerárquica y rígida como plantean las interrelaciones entre objetivos.

De lo anterior, se considera en este proyecto, utilizar las FCMs como una herramienta que brinde soporte a los mapas estratégicos en la solución de sus falencias, sin retirarlos como pieza clave de la formulación del BSC, debido a que los mapas estratégicos representan gráficamente de una forma clara y contundente la estrategia corporativa y las relaciones entre objetivos que definen dicha estrategia.

1.6.1.3 “Fuzzy cognitive strategic maps in business process performance measurement”

Glykas (2013) en su artículo titulado *“Fuzzy cognitive strategic maps in business process performance measurement”*, realiza un aporte elaborando otra aplicación para el uso de los *“FCMs”* en los mapas estratégicos. Lo anterior con el objetivo de solventar algunas de las falencias de la herramienta utilizando, de igual manera, el componente de simulación para este propósito.

En el artículo anteriormente mencionado, el autor cita una premisa donde se señala que “es particularmente difícil para los investigadores en el campo de la estrategia, llevar a cabo de manera exitosa algunos experimentos con el fin de determinar las “leyes” de una administración exitosa de la estrategia” (Phelan & Wigan ,1995). Dichos autores, sugieren que hay tres principales dificultades; observación; manipulación y réplica y proponen, adicionalmente, que la simulación puede ayudar a los investigadores de estrategia a solventar estas falencias.

En ese orden de ideas, Glykas (2013) involucra el uso de escenarios en su metodología para resolver algunas limitaciones de los mapas estratégicos relativas a su carácter estático para tomar decisiones a futuro basados en información pasada. Lo anterior lo propone tomando en cuenta que Buytendijk (2008), plantea que el análisis de escenarios puede jugar un rol importante en la construcción de mapas estratégicos, dado que este es un método efectivo para predecir el futuro.

Un punto a mejorar en el experimento realizado, es aplicación de la metodología en casos reales en la industria, con el fin de constatar la utilidad de la propuesta con los tomadores de decisiones. Lo anterior basado en que son los directivos de las organizaciones quienes conocen su modelo de negocio y pueden validar los resultados obtenidos con la metodología que se propone.

1.6.1.4 “Adaptive Fuzzy Cognitive Maps for identification of cause and effect relationships of Strategy map”

Por último, se encuentra el trabajo realizado por Jassbi y Mohamadnejad, (2011), titulado “Adaptive Fuzzy Cognitive Maps for Identification of Cause and Effect Relationships of Strategy Map” publicado en “Communication Systems and Networks”. En dicho artículo, como lo indica su nombre, se utilizan los mapas cognitivos difusos para realizar la identificación de las causas y efectos entre los diferentes objetivos que tiene un mapa estratégico para un “BSC” de una organización.

Los autores proponen que en la elaboración de un mapa estratégico, la asignación de preferencias entre los diferentes objetivos no es muy clara y que el conocimiento de los expertos puede ser extraído en ambientes difusos. De aquí se plantea el uso de mapas cognitivos difusos para mejorar la escogencia de relaciones causa-efecto de los mapas estratégicos.

Otra evidencia de la posibilidad de utilizar mapas cognitivos difusos en la elaboración de mapas estratégicos según el autor, es la estructura de red jerárquica, ocasionada por la dependencia entre los objetivos estratégicos de cualquier mapa. La herramienta utilizada puede transformar el conocimiento tácito del experto en conocimiento explícito de la organización. Esto lo puede lograr, dada la característica de lógica difusa de la cual están compuestos los mapas cognitivos difusos.

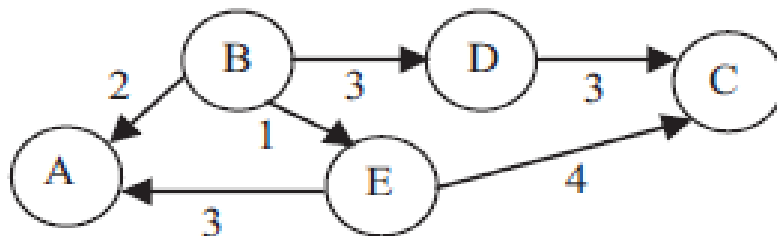
Pese a los aportes propuestos en el artículo, en el mapa resultante se observan objetivos que no tienen ninguna relación ni de causa ni efecto y otros que son causa pero no son efecto de algún otro objetivo. Lo anterior conlleva a esbozar estrategias poco entendibles y alejadas de la realidad. Por esta razón en el presente proyecto se propondrá una metodología que utilice optimización, lo cual solo permitirá la escogencia de relaciones válidas y coherentes en el mapa estratégico según la información suministrada por los tomadores de decisiones.

1.7 DEMATEL

“DEMATEL” es una herramienta de análisis multicriterio, usada para visualizar la estructura de relaciones causales complejas o de numerosas alternativas posibles” (Wu, 2012). Esta reúne conocimiento colectivo para capturar relaciones causales entre criterios estratégicos de acuerdo con Jassbi, Mohamadnejad, & Nasrollahzadeh (2011).

“El resultado del experimento es un dígrafo que muestra la relación entre elementos de un sistema, donde los números en los nodos representan la influencia y las flechas representan la dirección de la influencia” (Wu, 2012), esta representación se puede observar en el ejemplo gráfico de la figura 3. “DEMATEL” utiliza la comparación matemática de los pares de objetivos intrínsecos en los mapas estratégicos.

Figura 3 Dígrafo de Dematel



Fuente: Wu (2012)

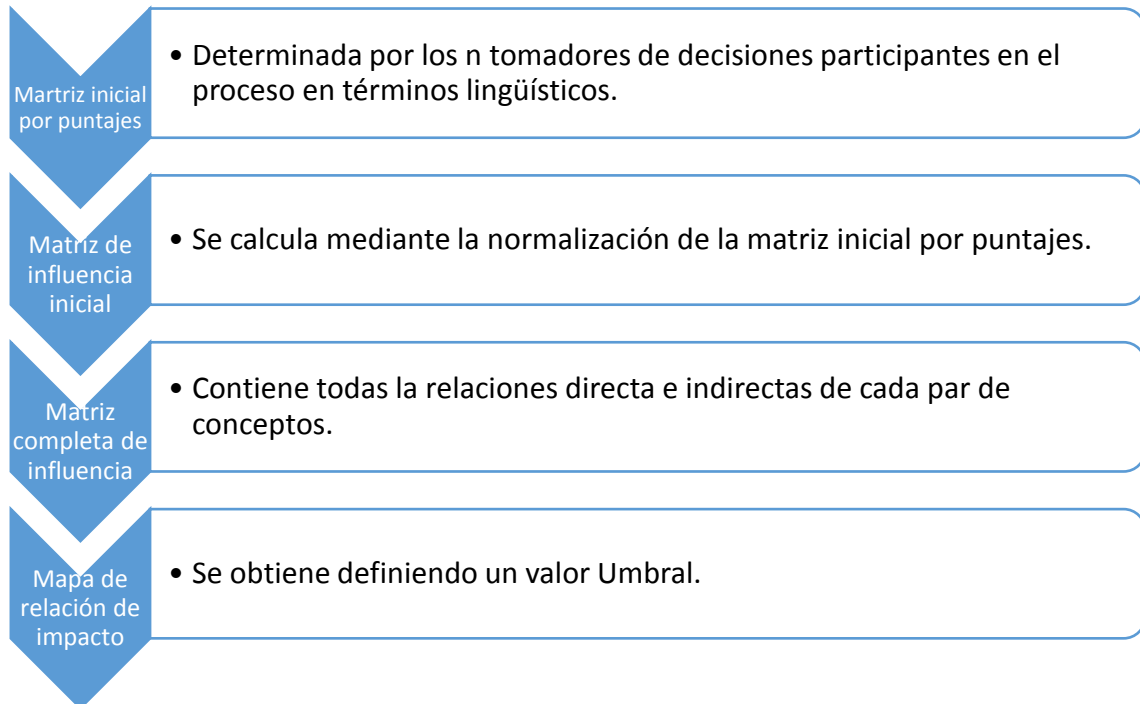
1.7.1 Revisión de la literatura de mapas cognitivos difusos & BSC

Para un mejor entendimiento de los casos de estudio que se analizarán, primero se describirán los pasos que comprende la metodología DEMATEL según (Wu, 2012).

1.7.1.1 Descripción de metodología Dematel.

El método DEMATEL se utiliza para construir relaciones entre factores para producir un mapa de relación de impacto (MIR). La ventaja del MIR es que considera tanto el impacto directo como el impacto indirecto de los factores. El método aplicado por Wu (2012) para la construcción de mapas estratégicos puede describirse en cuatro pasos, como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 4. Descripción metodología Dematel.



Fuente: Wu (2012)

- Paso 1: Calcular la matriz inicial por puntajes.

$$A = [a_{ij}]_{j=1, \dots, n}^{i=1, \dots, n} \quad (1)$$

Donde a_{ij} es la influencia directa de i en el factor $j \forall i, j$, n es el número de factores.

La Matriz de influencia A (los valores de a_{ij}) incluye todas las posibles relaciones directas entre los objetivos estratégicos. Una entrada de 0 significa que un objetivo no afecta a otro objetivo (sin influencia directa), mientras que una entrada de 4 significa efecto máximo (influencia directa muy alta).

- Paso 2: Calcular la matriz de influencia inicial

$$X = s * A \quad (2)$$

$$s = \min \left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right] \quad (3)$$

Donde s es el factor de peso normalizado.

- Paso 3: Calcular la matriz completa de influencia directa/indirecta.

$$T = X(I - X)^{-1} = [t_{ij}]_{j=1 \dots n}^{i=1 \dots n} \quad (4)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} = \text{suma de fila } i \quad (5)$$

$$C_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} = \text{suma de columna } j \quad (6)$$

La matriz T resultante incluye todos los impactos directos e indirectos entre los objetivos estratégicos. Los elementos de T (t_{ij}) definen el nivel de importancia de esa relación (del objetivo i al objetivo j) en comparación con todas las posibles relaciones entre objetivos.

- Paso 4: Establecer un valor umbral y obtener la MIR.

Se define un valor umbral y las entradas de la matriz T inferiores o iguales a ese valor se fijan en 0. La MIR se construye con aquellas entradas que son positivas. Este paso es reemplazado por el modelo de optimización en el presente trabajo.

1.7.1.2 Análisis de casos de estudio donde se utiliza Dematel

Una vez estudiada la metodología que sigue la herramienta de análisis multicriterio Dematel, se procede a realizar análisis de los casos de estudio donde se utiliza esta herramienta en el soporte a la elaboración del “BSC” y sus mapas estratégicos.

De acuerdo con, Jassbi, Mohamadnejad & Nasrollahzadeh (2011) se utiliza un “DEMATEL” difuso para la construcción de un mapa estratégico en la empresa Saipa Yadak trading Company, proveedor de servicios posventa de *Saipa Automobile*, primera fábrica de carros de Irán. El caso de estudio fue exitoso dado que los administradores de la compañía consideraron que el mapa estratégico resultante, expresaba bien la estrategia corporativa.

Según los autores, el principal aporte que hace “DEMATEL” difuso Al “BSC” y que permitió desarrollar el caso de aplicación con éxito está referido a que, el tipo de preferencias que tienen que hacer los tomadores de decisiones entre distintos objetivos estratégicos no están debidamente clarificadas, lo cual permite que la herramienta pueda extraer el conocimiento de los expertos haciendo uso de su característica difusa, de tal manera que se minimice la exposición a las ambigüedades que suponen dichas decisiones. Lo anterior posibilita observar como esta herramienta

de análisis multicriterio es capaz de minimizar el error humano que puede estar presente en la descripción de la estrategia corporativa, conllevando a una divulgación de estrategia más clara hacia los diferentes niveles de la empresa y permitiendo alcanzar de una manera más eficiente los objetivos propuestos.

Lin y Wu (2004) plantean que “DEMATEL” es una herramienta útil en el diseño de mapas estratégicos de un “BSC” porque la generación de este instrumento, normalmente parte de la discusión y el consenso de varios responsables de decisiones expertos en el tema. En base a esto, “DEMATEL” es capaz de convertir este tipo de difíciles decisiones y juicios poco claros en valores numéricos exactos utilizando la información suministrada por cada uno de los tomadores de decisiones.

Wu (2012) construye un mapa estratégico con “KPIs” del “BSC” para el sector de bancos. Este autor logra definir en estudio, “KPIs” prioritarios, que permitan realizar una medición de desempeño adecuada y eficiente de la gestión en el sector bancario. Lo anterior mediante la utilización de la herramienta de análisis multicriterio “DEMATEL”, la cual hace una revisión exhaustiva de las relaciones causa-efecto, existentes entre los diferentes objetivos y prioriza determinando mediante la extracción del conocimiento de los expertos, una ruta eficiente a seguir en la construcción de mapas estratégicos que divulguen de manera clara la estrategia.

Dicho autor considera la consecución de su objetivo algo muy importante en el sector de bancos, debido a que termino definiendo los “KPIs” claves y la ruta a seguir con estos para la definición de la estrategia y la medición de desempeño en iniciativas de mejora en el sector, posibilitando definir de manera precisa, cuáles son las áreas e iniciativas principales donde la administración debe invertir sus recursos limitados para la consecución de sus metas. Lo anterior se convierte, hoy en día, en una necesidad básica para un responsable de decisiones que busca conseguir una ventaja competitiva de largo plazo, ya que la globalización y la expansión de los medios de comunicación hacen que la competencia sea cada vez más dura.

Se puede observar la versatilidad del “BSC” en su aplicación en campos como la educación, para determinar el rendimiento de la estrategia y para divulgar una capacidad de ayudar a conseguir los objetivos de forma eficiente. De Acuerdo con Tseng (2010), se elaboró un “BSC” donde se utiliza “DEMATEL” en conjunto con otras herramientas multicriterio para apoyar en la consecución de su objetivo.

Este autor realiza la aplicación de “DEMATEL” en la generación de un “BSC” que permita medir la gestión del desempeño en una universidad privada de Taiwán. El aporte principal que la herramienta multicriterio usada en este caso hace en apoyo al “BSC” es “convertir las relaciones entre las causas y los efectos de los objetivos, en un modelo estructural del sistema” (Tseng, 2010). Con lo anterior es posible tener una visión más clara de las complicadas relaciones entre objetivos y conseguir como resultado una herramienta de medición que se ciña mejor a los objetivos estratégicos y actividades clave de la organización. “DEMATEL” hace posible lo anterior, dado que su funcionamiento que se basa en:

“Suponer que el sistema contiene una serie de criterios y que la relación particular entre un par de ellos puede ser modelada con una relación matemática que incrementa la capacidad de entendimiento de las personas acerca de la compleja red de relaciones posibles que existen en un “BSC”. Tseng (2010).

1.7.1.3 Falencias de las aplicaciones de Dematel en construcción de mapas estratégicos.

Aunque es posible observar las ventajas que ofrece aplicar la herramienta para la toma de decisiones, estos casos de estudio tienen, según los autores, algunas falencias que pueden ser superadas para generar una metodología más robusta a la hora de gestionar el desempeño corporativo.

Una de las falencias principales es que la muestra utilizada para captar la información necesaria para realizar el estudio puede ser más grande y de esta manera realizar un mejor aporte para realizar los análisis pertinentes. Además de lo anterior, existe la posibilidad de usar otras herramientas multicriterio para calcular las ponderaciones relativas en las influencias e interrelaciones del “BSC”.

Por último, en futuras investigaciones puede ser muy útil realizar un análisis de casos de estudio donde se utilicen metodologías comunes y particulares en medición del desempeño, para poder corroborar mediante una comparación la efectividad de la herramienta propuesta.

1.8 AHP y ANP

Es posible encontrar diversas maneras de definir “AHP” (Analytic Hierarchy Process), por una parte, “es una herramienta que ayuda en la solución de problemas con varias alternativas de solución” (Saaty, 1980)”. Por otro lado, se resume como “una metodología que toma una situación compleja, la divide en partes y las jerarquiza” (Gonzales, 2009). Lo anteriormente propuesto es hecho por el autor mediante un método matemático, donde se asignan números a la importancia que tienen las variables en estudio. Asimismo, el autor anteriormente mencionado, asegura que la jerarquización a realizar depende en gran parte de la experiencia que se tenga sobre las variables que se estudian.

El “AHP” por varias de sus características, entre ellas la capacidad de jerarquizar problemas con diferentes variables de solución, ha sido usado para el apoyo al “BSC” como herramienta de gestión corporativa, solucionando algunas de las falencias anteriormente descritas acerca de la metodología.

Un ejemplo de lo anterior se observa en el problema que menciona Gonzales (2009), acerca de la difícil tarea de tomar decisiones y de los objetivos que deben abarcarse en una compañía, decisiones que están a cargo de los ejecutivos de las mismas y que son muy extenuantes y complicadas de tomar dada la complejidad de las interrelaciones

entre los mismos. “El tiempo que se pierde en dicho ejercicio, es tiempo valioso que sirve para otros fines como lo pueden ser comunicación y aprendizaje, que el “BSC” ofrece como una de sus características” (Gonzales, 2009).

Además del anterior problema, existe otro conflicto que puede causar la toma de decisiones bajo incertidumbre que supone la jerarquización y selección de los objetivos de un “BSC”. Inconvenientes como el transmitir información errada a los empleados de la compañía o a la estrategia de la misma, a causa de que, quienes toman decisiones, pierdan focalización a la hora de elegir los objetivos en medio de un gran número de posibilidades. Mediante el uso del “AHP” como una herramienta para jerarquizar y elegir los objetivos a evaluar y gestionar en un “BSC” bajo un marco matemático, Gonzales (2009) propone una solución a los problemas anteriormente descritos.

Otros aportes que el “AHP” hace en cuanto a la toma de decisiones estratégicas de acuerdo con Gonzales (2009) son:

- “AHP es una herramienta que provee una estructura que facilita las decisiones grupales” (Reisinger, Cravens & Tell, 2003). Lo anterior permite la posibilidad de ser criticados de forma clara y precisa los juicios a evaluar, dado que son estudiados frente a la evidencia suministrada por el grupo.
- Calantone, Di Benedetto y Smith (1999) plantean que mediante la metodología que propone el “AHP” de comparar parejas de indicadores en una escala numérica, el tomador de decisiones solo tiene en cuenta dos criterios para tomar una decisión. Lo anterior es evidencia clave de que el “AHP” puede facilitar la construcción de un “BSC” desde que hace más fácil la decisión entre la compleja red de interrelaciones entre objetivos organizacionales.

Saaty (1996) propone el “*Analytic Network Process*” afirmando que su utilidad radica en modelar problemas de toma de decisiones donde se tienen atributos que tienen dependencia entre sí. “ANP” es entonces una extensión de “AHP”, pero según Quezada et al. (2014) la desventaja de usar “AHP” para la creación de cuadros de mandos integrales, es que este funciona para estructuras que se pueden modelar solamente de forma Jerárquica, lo cual en muchas ocasiones no representa la realidad de las interrelaciones entre objetivos estratégicos corporativos. Por lo anterior, utilizar “ANP” es más efectivo, desde que se tienen en cuenta las retroalimentaciones que existen entre los objetivos estratégicos y los saltos entre perspectivas que en ocasiones se presentan entre objetivos corporativos.

Respecto al “ANP”:

“Ayuda clarificar las relaciones entre objetivos de forma numérica, dado que se ha visto que dichos objetivos estratégicos son generados a veces de forma

subjetiva, por lo cual clarificar dichas relaciones de forma numérica, permite hacer más eficiente y eficaz el resultado del proceso de generar un cuadro de mando integral". Quezada et al. (2014)

Con base en las ventajas, desventajas y aportes que se han mencionado acerca del "AHP" y "ANP" en su apoyo al cuadro de mando integral en su misión de herramienta de gestión organizacional, es posible revisar puntualmente las contribuciones de estas dos herramientas de análisis multicriterio.

Gonzales (2009) Utiliza el "AHP" para apoyar en la construcción de un cuadro de mando integral en el Banco social colombiano. Logrando que el banco desarrollara mejor los objetivos y ahorrara tiempo y recursos tanto en la planeación de los mismos como en su seguimiento. De la anterior forma se permite que el "BSC" no pierda la esencia de comunicación y aprendizaje para el cual fue diseñado.

Por su parte, Leung, Lam y Cao (2006) propone una revisión de varios escenarios en la creación de un "BSC" contrastados con el uso de "AHP y ANP" como apoyo en dicha construcción para la gestión corporativa. Se evidencia en este estudio el aporte de jerarquizar, no solamente las interrelaciones entre objetivos, sino también las perspectivas en las que están encasillados los mismos, lo cual aporta un componente más de realidad al ejercicio, porque en la vida real algunas perspectivas son más importantes que otras.

Desde otro punto de vista, Tseng (2010) logra comprobar la versatilidad del "BSC" y de "ANP" como herramientas multicriterio para la priorización y selección de objetivos en ambientes de incertidumbre, los cuales fueron utilizados en el área de la educación, obteniendo buenos resultados con objetivos que según los administrativos explicaban muy bien la estrategia a seguir.

Tanto en el artículo de Quezada & Quintero (2011) como en Quezada & López (2014), se plantean metodologías con el uso de "AHP" para facilitar la construcción de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral. El aporte adicional y relevante que se destaca con Quezada y López (2014), es la utilización un modelo de optimización para realizar una selección más precisa de las relaciones causa-efecto entre objetivos luego de haberlas jerarquizado con la herramienta multicriterio.

Quezada et al. (2014) construyen un "BSC" y su mapa estratégico para una empresa de impresiones, obteniendo buenos resultados dado que los objetivos encontrados fueron representativos respecto a la estrategia. Sin embargo, los administrativos criticaron que el método toma mucho tiempo valioso.

De esta manera se puede observar como "AHP" y "ANP" son herramientas útiles y que han sido ampliamente utilizadas en el apoyo al "BSC" en su objetivo por realizar una buena gestión corporativa. La ayuda que principalmente han ofrecido es reducir el

tiempo y la dificultad de la jerarquización de las relaciones entre la red de objetivos corporativos, otorgando al tomador de decisiones una herramienta que permite divulgar la estrategia de manera más eficiente y eficaz desde el punto de vista que representa mejor los planteamientos que quiere lograr la gerencia.

1.9 Análisis general de falencias de las herramientas multicriterio en aplicación a los mapas estratégicos.

Es importante resaltar que los trabajos analizados, han hecho aportes significativos para mejorar el desempeño del “BSC” y los mapas estratégicos como marcos de medición del desempeño de las compañías y como herramientas para el apoyo en la descripción de la estrategia corporativa. Sin embargo, existe la posibilidad de seguir investigando en el tema y de ofrecer junto con los mapas cognitivos difusos, metodologías aún más robustas para el apoyo de las herramientas de gestión mencionadas.

Tomando en cuenta los relevantes aportes a la literatura de los trabajos mencionados en los anteriores apartados, resulta imprescindible resaltar que estos presentan falencias, por ejemplo, con el uso de “AHP, la metodología solo puede ser utilizada cuando el mapa estratégico de la compañía puede ser modelado de manera jerárquica (Quezada y López, 2014), de esta forma no se admite la inclusión de retroalimentación entre los objetivos, lo cual aleja al método de la realidad. Otra falencia notable es la metodología de escogencias de las relaciones causa-efecto, donde se evidencia la falta de una herramienta que priorice la selección de las relaciones resultantes como es el caso de Wu (2012). Por otra parte Los MCDs solo ofrecen las relaciones causa-efecto directa entre pares de conceptos, sin tener en cuenta las relaciones indirectas entre los mismos.

Además de lo anteriormente expuesto, es necesario que las metodologías propuestas, permitan hacer una selección de los objetivos a participar en el mapa y no solamente de las relaciones entre dichos objetivos. Lo anterior ayudaría a descartar a priori, objetivos que tengan menor importancia para los expertos o para los cuales sea poco factible su ejecución debido a múltiples razones como por ejemplo limitaciones presupuestales, permitiendo a la metodología un mejor ajuste a la realidad.

De lo anterior, surge la idea de realizar un proyecto de investigación, desarrollando una metodología para mejorar el diseño de mapas estratégicos de un “BSC” utilizando mapas cognitivos difusos. Esto, solucionaría el problema que nace al usar “AHP”, que aleja un poco de la realidad en la industria a este tipo de modelos, porque solo pueden ser utilizados en ciertos casos donde los mapas estratégicos pueden modelarse de forma jerárquica. Los mapas cognitivos difusos por su carácter dinámico y característica de admitir circuitos de retroalimentación para la valoración de las interrelaciones entre los objetivos son capaces de solucionar el problema anteriormente ilustrado. Además de lo anterior, se pretende utilizar la optimización para realizar la escogencia de los objetivos que deban o no participar en los mapas y

de las interrelaciones entre los objetivos, de esa manera, es posible obtener la escogencia óptima de los mismos y dado a que su utilización en la generación de mapas estratégicos es escasa en la literatura, es posible realizar comparaciones entre los diferentes modelos que hayan utilizado esta técnica y con esto seguir aportando a la investigación en este campo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema fundamental que enfrenta el presente proyecto de investigación es brindar una solución a las fuertes críticas que ha recibido el “Balanced ScoreCard” y su herramienta de mapas estratégicos, como marcos de medición del desempeño y la administración de organizaciones, las cuales se mencionaron en la revisión del estado del arte.

Aunque se tiene la certeza que varios autores han realizado investigaciones donde se utilizan herramientas de análisis multicriterio para solventar las falencias de los mapas estratégicos, son pocas las referencias encontradas que utilizan mapas cognitivos difusos, los cuales presentan características importantes como el dinamismo, la simulación y permitir retroalimentación entre los objetivos. Además de lo anterior, es mucho menor el número de referencias encontradas que utilizan metodologías robustas para realizar la selección de los objetivos, una vez ponderada la importancia entre sus interrelaciones.

Por todo lo anterior, el presente proyecto de investigación propone realizar una nueva metodología, que utilice los mapas cognitivos difusos para realizar la ponderación entre las interrelaciones de los objetivos de un mapa estratégico de un “BSC”, un componente de Dematel para realizar la ponderación global de los objetivos dentro del mapa y la optimización para escoger los objetivos que deban o no participar en los mapas estratégicos y la cantidad de interrelaciones óptimas para representar la estrategia corporativa. De tal forma será posible realizar un análisis comparativo con otras técnicas multicriterio, que han intentado solventar algunas falencias del “Balanced scorecard” y aportar a la investigación una nueva metodología para que las empresas construyan sus mapas estratégicos de su cuadro de mando integral.

3. COHERENCIA CON TEMÁTICAS DE LA MAESTRÍA

En el presente proyecto se pretende reducir la subjetividad inherente a las decisiones de escogencia de objetivos a participar y relaciones causa-efecto entre objetivos estratégicos para conformar un mapa estratégico. Lo anterior se logra utilizando componentes de metodología de análisis multicriterio que pondera las importancias de dichos objetivos y de las relaciones entre los mismos, seguido de un componente de optimización que escoge los mejores objetivos y las mejores relaciones causa-efecto para conformar el mapa. De esta manera se ofrece a los tomadores de decisiones de

las empresas un mapa estratégico que divulga de forma coherente su estrategia y les permite concentrar recursos y esfuerzos en las iniciativas más relevantes para su negocio.

En ese orden de ideas, el presente trabajo realiza un aporte encaminado hacia las temáticas de la maestría, en la medida en que los componentes de ingeniería industrial técnicas de análisis multicriterio y optimización, aportan soluciones a problemas documentados de la planeación estratégica, como lo son las complejas decisiones de elaboración de mapas estratégicos de un “BSC”. Con lo anterior se cumple a cabalidad con la finalidad de la maestría de abordar, analizar, evaluar y planear soluciones a problemas disciplinarios, interdisciplinarios o profesionales desde la perspectiva de la ingeniería industrial.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Es posible diseñar una metodología matemática basada en herramientas de toma de decisiones multicriterio y optimización, para la construcción de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral, capaz de adaptarse a diferentes estructuras organizacionales y que de soporte a los tomadores de decisiones en la generación de la estrategia corporativa?

5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con la información obtenida, existen varios aspectos para justificar la pertinencia de la investigación que se pretende desarrollar y que serán mencionadas a continuación.

5.1 Utilización de mapas cognitivos difusos

En primera instancia, se tiene la utilización de mapas cognitivos difusos como herramienta de toma de decisiones multicriterio para el apoyo de las herramientas de gestión como lo son el “BSC” y sus mapas estratégicos. De esta manera, se dará inicio revisando la definición de los mapas cognitivos y algunas características que lo hacen una herramienta importante, para la toma de decisiones.

5.1.1 Mapas cognitivos

Un mapa cognitivo “es una representación del conocimiento personal y experiencia de trabajo de un individuo”. (Bougon, Weick & Binkhorst, 1977). Durante el proceso de mapeo, los individuos explican lo que hacen, revelando facetas de su comportamientos que anteriormente se encontraban tácitas” (Abernethy et al., 2005) de esta manera el

conocimiento tácito de los expertos de las compañías, puede ser convertido en explícito mediante el desarrollo de mapas estratégicos.

Entre los hallazgos establecidos por Abernethy et al., (2005) se puede apreciar la importancia que tienen los mapas cognitivos en el desarrollo de herramientas de medición del rendimiento y de administración corporativa. Los autores afirman que las herramientas comúnmente conocidas tienden a fallar, debido a que empiezan con el conocimiento estratégico que tienen los administradores, quienes se encuentran en la cumbre de las organizaciones y tienen un conocimiento reducido de los procesos clave de las compañías que son los que generan valor. Lo anterior se debe a que esta información se encuentra inmersa de manera tácita en el conocimiento de los expertos, que se encuentran en las áreas operativas de las empresas y que no es divulgada explícitamente, dado que no hay herramientas que lo permitan hacer.

Por lo anterior, resulta útil realizar los mapas cognitivos para extraer el conocimiento tácito que tienen los expertos en las áreas operativas de las compañías, acerca de los procesos y factores claves que generan valor y convertirlo en conocimiento explícito. Dicho conocimiento puede ser fácilmente divulgado en las organizaciones, ofreciendo a quienes toman decisiones, objetivos a tener en cuenta en la definición de la estrategia corporativa y en las herramientas de medición del desempeño.

Resultaría útil aplicar la característica anteriormente mencionada en el presente estudio, dado que, permitiría extraer de manera más efectiva el conocimiento importante y relevante para la toma de decisiones corporativas. Esta característica será utilizada en el presente proyecto, dado que la herramienta que se utilizará, será los mapas cognitivos difusos, que son una extensión de los mapas cognitivos, con el plus de la lógica difusa que será definida a continuación.

5.1.2 Lógica difusa

García Cascales (2009) plantea que “la lógica difusa es una de las propuestas surgida para la formalización del razonamiento aproximado” agregando que es “una extensión de la lógica clásica, propuesta por (Zadeh, 1995) con objeto de permitir manejar el concepto de verdades parciales, lo cual resulta muy común en los procesos de toma de decisiones en las compañías actualmente y específicamente en el tipo de decisiones concernientes a la planeación estratégica corporativa. Según el autor, los conjuntos difusos en los cuales se basa la lógica difusa, permiten que las funciones tomen valores intermedios, lo cual se asemeja más a la realidad ya que “la mayoría de las categorías que definen los objetos de la vida real, no tienen unos límites claros y bien definidos” (García Cascales, 2009).

Además de lo anterior, la lógica difusa basada en conjuntos difusos, de acuerdo con el autor, permite realizar el modelamiento lingüístico difuso, lo que es necesario cuando los aspectos a analizar no pueden ser definidos cuantitativamente, ya sea porque la información que se tiene es vaga o no está claramente definida, o simplemente no puede ser definida cuantitativamente debido a su naturaleza (García Cascales, 2009).

Esta característica puede ser útil a la hora de tomar decisiones relacionadas a la ponderación que deben escoger los administradores entre los diferentes objetivos de un mapa estratégico.

Este modelamiento lingüístico difuso también permite a quienes toman decisiones expresar de manera más cómoda y fácil, con categorías verbales, el nivel de importancia que tiene para él alguna relación entre dos objetivos de un mapa estratégico en un “BSC” o de cualquier criterio que requiera de ponderación alguna. Por estas razones es útil usar herramientas que contengan la lógica difusa, dado que en las decisiones estratégicas de las compañías siempre existe la característica de incertidumbre.

Los mapas cognitivos difusos contienen, tanto la lógica difusa como las características de mapas cognitivos para expresar de manera gráfica la información, haciéndola fácil para el análisis. La mezcla de características que posee como dinamismo, simulación, retroalimentaciones, la convierten en una herramienta capaz de solventar las deficiencias que anteriormente hemos revisado, de marcos de medición del rendimiento corporativo y específicamente del “BSC” y su herramienta mapas estratégicos.

Algunas de las deficiencias a la cuales se hace referencia son; La negación a involucrar el factor evolución del tiempo; El no tener en cuenta las retroalimentaciones entre los diferentes objetivos de los mapas estratégicos; El no ser dinámicos para la predicción del futuro, El no tener el componente de simulación que permita evaluar su desempeño en diferentes escenarios, entre otras que se mencionaron en la revisión del estado del arte. Además de solventar esas falencias, el presente trabajo contiene la lógica difusa, haciendo a la herramienta más cómoda para la definición de ponderaciones que debe hacer el tomador de decisiones y que tiene en cuenta la incertidumbre intrínseca en las decisiones estratégicas corporativas.

5.1.3 Ventajas de los mapas cognitivos difusos

En el análisis del estado del arte realizado por Papageorgiou (2013), se realiza una referencia a Vliet et al. (2010) mostrando las principales motivaciones para usar mapas cognitivos difusos, dichos estímulos son los siguientes; “Fácil de construir y parametrizar, flexibilidad en la representación, fácil de usar, fácil de usar/transparente para expertos no técnicos, poco tiempo de desarrollo, Maneja problemas complejos relacionados al conocimiento y la administración, Maneja efectos dinámicos, debido a la estructura de retroalimentación del sistema de modelación”. Por último se citarán las ventajas de la combinación de mapas estratégicos y la característica traídas a colación en el trabajo de Glykas (2013) de planeación por escenarios, ofrecida por los mapas cognitivos (Miller & Waller, 2003), y (Kaplan & Norton, 2008):

- Efectiva comunicación del presente y futuro de la estrategia corporativa.
- Ambos están hechos con una visión holística de la organización.

- Con escenarios y los mapas cognitivos difusos, se pueden tener en cuenta tanto aspectos cualitativos, como cuantitativos.
- Ambas herramientas requieren la participación de grupos de interesados, lo cual incrementa la robustez y validez de la estrategia.
- Las contingencias, tendencias y oportunidades que son anticipadas, pueden ser identificadas y evaluadas a través del análisis de escenarios incorporado en los mapas estratégicos (Miller y Waller, 2003).

Como se pudo observar en la revisión del estado del arte que se realizó, existen pocos trabajos de investigación que involucren los mapas cognitivos difusos en el diseño de mapas estratégicos en un cuadro de mando integral. Por lo anterior se considera, que seguir avanzando en la investigación en este campo, aportaría con nuevas propuestas y posiblemente con experimentos comparativos, que permitan ampliar el conocimiento en esta área.

Aplicando un modelo de optimización, para la selección de objetivos a participar en el mapa y de las interrelaciones existentes entre los diferentes objetivos de un mapa estratégico para un cuadro de mando integral, en conjunto con la herramienta de mapas cognitivos difusos para la ponderación de las mismas, tal y como lo propone Quezada y López (2014) con “AHP” como técnica multicriterio y Lopez-Ospina et al. (2017) con Dematel, estaríamos realizando un nuevo aporte a la investigación, el cual puede ser comparado con diferentes iniciativas, para la medición de su desempeño.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general.

Diseñar una metodología matemática basada en herramientas de toma de decisiones multicriterio y optimización bajo incertidumbre, para la construcción de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral, capaz de adaptarse a cualquier estructura organizacional.

6.2 Objetivos específicos.

- Realizar una revisión de literatura sobre técnicas multicriterio para el apoyo de mapas estratégicos y el Balanced ScoreCard y su impacto en el análisis de desempeño organizacional.
- Seleccionar casos de prueba basado en experiencias exitosas de Colombia y el extranjero, para obtener la información base para el diseño de la herramienta.
- Con base en la información de los casos seleccionados, diseñar una herramienta para la construcción de mapas estratégicos para un cuadro de mando integral, utilizando mapas cognitivos difusos.
- Plantear un modelo de optimización multiobjetivo con parámetros difusos que permita realizar la escogencia óptima de las relaciones importantes entre los

objetivos encasillados en las diferentes perspectivas de un cuadro de mando integral.

- Realizar un experimento comparativo de los resultados obtenidos con las metodologías utilizadas en los casos de estudio relacionados a mapas cognitivos difusos y determinar las conclusiones acerca de la metodología diseñada.
- Realizar una comparación con los resultados obtenidos con otras técnicas multicriterio, para revisar la robustez de la metodología diseñada.
- Realizar un caso de aplicación de la metodología propuesta en una empresa del ámbito colombiano, con el fin de validar la robustez de la herramienta diseñada.

7. METODOLOGÍA.

En primera instancia se presentan los pasos metodológicos que permitieron el desarrollo del presente trabajo, seguidamente se expone la metodología propia de los modelos implementados y la consecución de los objetivos específicos. El siguiente Esquema muestra los pasos que posibilitaron el desarrollo del apartado metodológico.

Figura 5. Esquema metodológico.



8. RESULTADOS.

8.1 Revisión del Estado del Arte.

Tomando en cuenta la realización, en una sección anterior, de la compilación y sistematización de los aportes a la literatura académica realizados por diversos autores inmersos en la temática de los mapas estratégicos, Balanced Scorecard, las ventajas y desventajas de las metodologías anteriormente mencionadas, sumados a la toma de decisiones multicriterio, mapas cognitivos y su campo de aplicación y finalizando con la revisión de mapas cognitivos de tres casos específicos y su impacto en el análisis de desempeño organizacional. Con lo anterior fue posible la contextualización, clasificación y categorización necesarias para construir un estado del arte y en ese sentido, sustentar teóricamente el diseño de una metodología matemática para la construcción de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral, utilizando mapas cognitivos difusos y optimización.

8.2 Selección de Casos de Prueba Basado en experiencias para obtener la información base para el diseño de la herramienta metodológica.

Posteriormente a la revisión de la literatura y una evaluación sobre las ventajas que aportan las herramientas usadas a la planeación estratégica, así como también las desventajas que se pueden solventar con el diseño de la metodología propuesta, se escogieron cuatro artículos base, los cuales sirvieron como fuente de información para la construcción de la técnica. Los artículos escogidos para analizar y determinar la metodología, herramientas de análisis multicriterio y modelo de optimización para la construcción de mapas estratégicos son los siguientes:

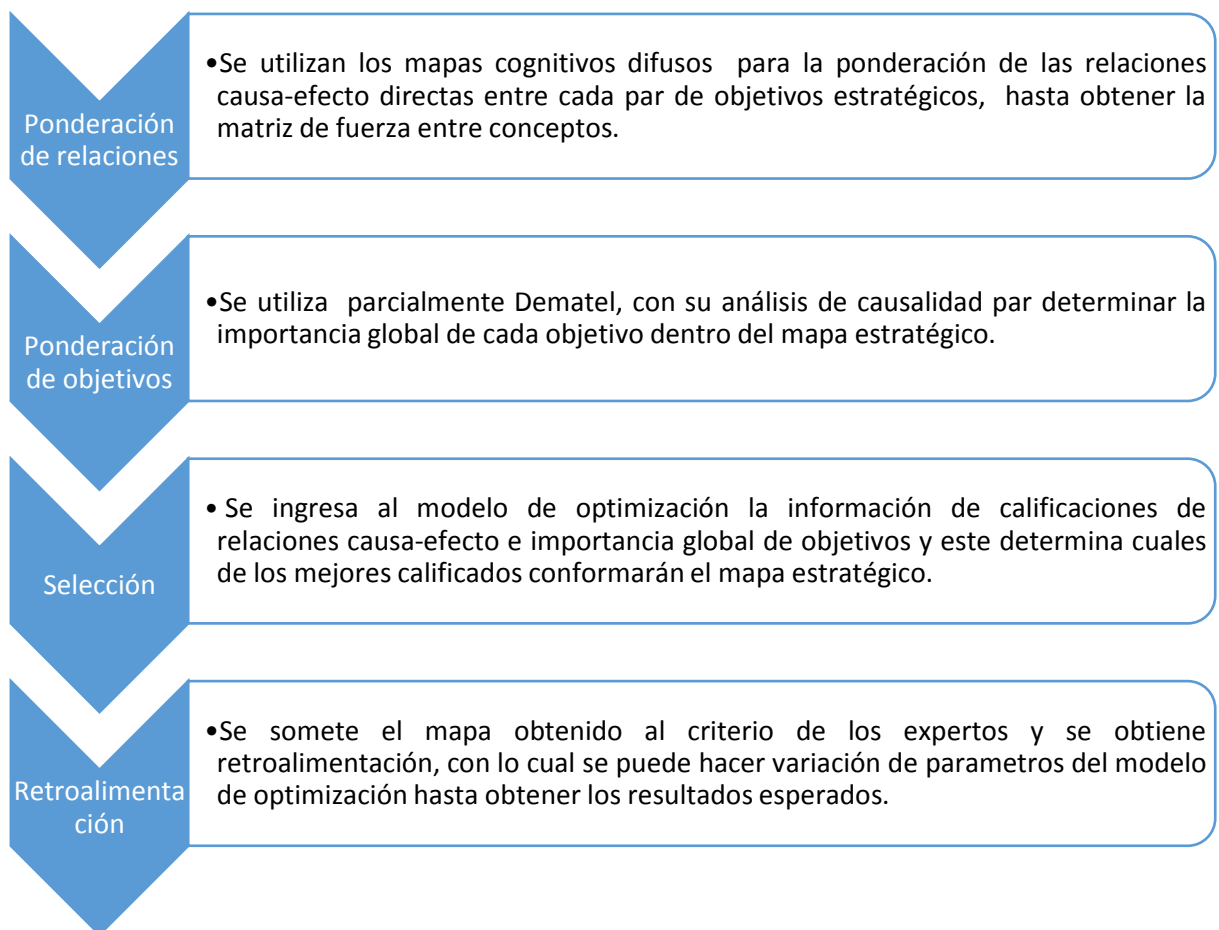
- Yousef (2014) y Rodríguez-Repiso et al. (2007), que utilizan mapas cognitivos difusos para la elaboración de mapas estratégicos y la modelación de proyectos de tecnología. Se contrastará para determinar cuáles son las ventajas de añadirle optimización a los mapas cognitivos difusos en la elaboración de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral.
- Tesis de grado de Pardo et al. (2017) y López-Ospina et al. (2017), que hacen uso de un DEMATEL difuso para la ponderación de objetivos y de las interrelaciones entre los mismos y posteriormente modelos de optimización para la escogencia de los más importantes a entrar en el mapa. Dicha metodología se contrastará para dilucidar cuál de las dos metodologías propuestas presenta mejor desempeño, dado que ambas son similares, desde la óptica que utilizan herramientas de análisis multicriterio soportadas con modelos de optimización.

8.3 Diseño de una herramienta para la construcción de mapas estratégicos para un cuadro de mando integral, utilizando mapas cognitivos difusos.

Tomando como base la información de los casos de estudio seleccionados previamente, se resolvió diseñar una metodología donde se usan mapas cognitivos difusos para la ponderación de interrelaciones entre objetivos estratégicos de un mapa estratégico del “BSC”, que además utilice criterios usados por la metodología Dematel para la ponderación global de cada objetivo dentro del mapa. Esta técnica utilizada será posteriormente complementada por un modelo de optimización, que facilitará la escogencia tanto de las relaciones más importantes, como de los objetivos que deban o no pertenecer al mapa estratégico. Cabe aclarar que el aporte de Dematel solo toma la ponderación global de cada objetivo, sin tener mayor participación en la técnica propuesta.

En el siguiente esquema se describe el orden que sigue la metodología propuesta.

Figura 6. Metodología.



Fuente: Elaboración propia

8.4 Planteamiento de un modelo de optimización multiobjetivo con parámetros difusos que permita la escogencia óptima entre los objetivos encasillados en las diferentes perspectivas de un cuadro de mando integral.

Para el diseño del modelo de optimización, se utilizaron como base los modelos utilizados en Quezada & López (2014); Pardo et al., (2017) y Lopez-Ospina, (2017). El modelo resultante es el que se describe a continuación:

Conjuntos:

- O= Conjunto de objetivos estratégicos
- A= Conjunto de objetivos de aprendizaje y crecimiento
- I= Conjunto de objetivos de procesos internos
- C= Conjunto de objetivos de clientes
- F= Conjunto de objetivos financieros

Variables de decisión:

$$x_{ij} \begin{cases} 1 & \text{Si la relación entre el objetivo } i \text{ y el } j \text{ se da en el mapa estratégico} \\ 0 & \text{de otra forma } \forall i \in O, \forall j \in O \end{cases}$$
$$y_i \begin{cases} 1 & \text{Si el objetivo } i \text{ se incluye en el mapa estratégico} \\ 0 & \text{de otra forma } \forall i \in O \end{cases}$$

Parámetros:

D_i = Valor de la importancia del objetivo i en el mapa estratégico. Surge de la suma de $R_i + C_j$ del análisis de causalidad que utiliza la metodología Dematel.

S_{ij} = Valor de la relación entre el objetivo i y el objetivo j en el mapa estratégico. Son los valores de la matriz de fuerzas entre conceptos FSRC obtenida con la metodología FCMs.

M = Valor muy grande

α = Porcentaje mínimo de relaciones totales entre objetivos que se desea en el mapa estratégico.

β = Porcentaje mínimo de relaciones entre objetivos de perspectivas aledañas, las perspectivas aledañas son aprendizaje y crecimiento con procesos internos, procesos internos con clientes y clientes con financieros.

γ = Porcentaje mínimo de calificación total de objetivos, lo cual definirá cuales ingresan o no al mapa (ingresarán los que tengan calificaciones más altas).

Función objetivo:

$$\text{MIN } Z = \sum_{\forall i \in O} \sum_{\forall j \in O} X_{ij} \quad (7)$$

La función objetivo descrita en la ecuación 7 busca minimizar el número de relaciones totales entre cada par de objetivos que podrían conformar el mapa estratégico.

La tabla 1 muestra los ítems, las restricciones y la descripción del modelo.

Tabla 1. Ítems, restricción y modelo

ITEM	RESTRICCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	$M * y_i \geq \sum_{j \in O} x_{ij} + x_{ji}$	Define que si un objetivo no ingresa en el mapa estratégico, este no puede ser causa ni efecto de ningún otro objetivo.
2	$\sum_{j \in O} x_{ij} + x_{ji} \geq y_i \quad \forall i \in O$	Define que si un objetivo hace parte del mapa, este debe ser causa o efecto de otro.
3	$x_{ij} \leq S_{ij} * M \quad \forall i \in O, \forall j \in O$	Si el valor de la relación entre dos objetivos es 0, entonces no puede existir dicha relación en el mapa.
4	$\sum_{i \in O} \sum_{j \in O} x_{ij} * s_{ij} \geq \alpha \sum_{i \in O} \sum_{j \in O} s_{ij}$	Asegura que al menos $\alpha\%$ de las relaciones entre pares de objetivos se generen en el mapa estratégico.
5	$\sum_{i \in A} \sum_{j \in I} x_{ij} * w_{ij} \geq \beta_{AI} \sum_{i \in A} \sum_{j \in I} s_{ij}$	Asegura que al menos $\beta\%$ de las relaciones entre pares de objetivos de las perspectivas aledañas aprendizaje y procesos internos se generen en el mapa estratégico.
6	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in C} x_{ij} * s_{ij} \geq \beta_{IC} \sum_{i \in I} \sum_{j \in C} s_{ij}$	Asegura que al menos $\beta\%$ de las relaciones entre pares de objetivos de las perspectivas aledañas procesos internos y clientes se generen en el mapa estratégico
7	$\sum_{i \in C} \sum_{j \in F} x_{ij} * s_{ij} \geq \beta_{CF} \sum_{i \in C} \sum_{j \in F} s_{ij}$	Asegura que al menos $\beta\%$ de las relaciones entre pares de objetivos de las perspectivas aledañas clientes y financieros se generen en el mapa estratégico
8	$\sum_{i \in O} y_i * D_i \geq \gamma * \sum_{i \in O} D_i$	De acuerdo a la ponderación total por objetivo, definida por los expertos se eliminan los objetivos con más baja ponderación.
9	$x_{ij} + x_{ji} \leq 1$	Garantiza que un objetivo no pueda ser causa y a la vez efecto del mismo objetivo.
10	$\sum_{j \in O} x_{ij} \geq y_i \quad \forall i \in I$	Garantiza que si un objetivo de la perspectiva procesos internos ingresa al mapa, este debe ser efecto de otro objetivo
11	$\sum_{i \in O} x_{ij} \geq y_j \quad \forall j \in I$	Garantiza que si un objetivo de la perspectiva procesos internos ingresa al mapa, este debe ser causa de otro objetivo
12	$\sum_{j \in O} x_{ij} \geq y_i \quad \forall i \in C$	Garantiza que si un objetivo de la perspectiva clientes ingresa al mapa, este debe ser efecto de otro objetivo

13	$\sum_{i \in O} x_{ij} \geq y_j \quad \forall j \in C$	Garantiza que si un objetivo de la perspectiva clientes ingresa al mapa, este debe ser causa de otro objetivo
----	--	---

Fuente: Pardo et al. (2016)

Una vez presentada la metodología que se propone, es necesario realizar pruebas al modelo para constatar su validez, revisar las falencias y ventajas que presente frente a otras metodologías y constatar la utilidad de esta frente al mercado. Las pruebas anteriormente descritas se harán sometiendo la metodología a experimentos de comparación frente a casos de estudio y aplicación en una empresa de la industria metalmeccánica de Cartagena como se sigue a continuación.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 Caso de estudio de la Metodología Propuesta en una empresa Colombiana.

En este apartado se prueba la metodología aplicándola en la construcción del mapa estratégico de la empresa Metalprest, empresa del sector metalmeccánico de la ciudad de Cartagena. Para probar la metodología, se analizan los resultados obtenidos de la aplicación en la empresa mencionada y también se realiza una comparación frente a la aplicación de otra metodología en la misma organización.

En primera instancia se presenta la reseña y antecedentes de Metalprest con el fin de contextualizar a la organización, posteriormente se procede a la aplicación de la metodología propuesta en la empresa y análisis de resultados correspondientes. Una vez aplicada la metodología propuesta, se aplica la metodología Dematel en la empresa y se analizan sus resultados, se continúa con la realización de una comparación de los resultados obtenidos con ambas metodologías, lo que da pie a establecer un juicio valor acerca de ventajas y desventajas de la metodología propuesta frente a la que utiliza Dematel. Posteriormente se toman en cuenta la consideración de los expertos de la empresa Metalprest y finalmente se presentan las conclusiones sobre la aplicación de la metodología en Metalprest.

A continuación, se esquematiza la metodología que se usará para constatar la validez de la técnica propuesta en el caso "Metalprest" para un mejor entendimiento.

Figura 7. Esquema del caso de Estudio "Metalprest"



Fuente: Elaboración propia.

9.1.1 Aplicación de la metodología de MCDs en Metal-Prest

Con ánimos de dar a conocer el tipo de organización en la cual se hará prueba de la metodología propuesta, contextualizar su recorrido histórico y brindar un marco general de la empresa, a continuación se presenta la reseña de la compañía, suministrada por esta misma.

- METAL-PREST S.A.S. es una empresa familiar cartagenera, que inició operaciones en 1992 con una planta de personal de 3 personas y la idea inicialmente de fabricar troqueles de corte; actualmente, la empresa está dedicada a la prestación de servicios metalmecánicos mediante procesos de mecanizado por arranque de viruta, sumando más de 25 años de experiencia en el mercado. Se encuentra ubicada en la ciudad de Cartagena, sector

industrial del bosque, barrio Ceballos, a escasos metros de la zona industrial y empresarial de MAMONAL, en donde cuenta con una moderna planta dotada de equipos con tecnología de punta y acogedoras instalaciones administrativas.

- Para el año 2004 la Empresa empieza con el proceso de implementación de la Norma ISO 9001:2000 y para el año 2005 fue certificada bajo la misma norma por ICONTEC, brindando este logro un evidente mejoramiento continuo en sus procesos y en la calidad de productos y servicios ofrecidos; adicionalmente en el mes de diciembre de 2007 METAL-PREST participo en el Programa de Excelencia Ambiental coordinado por el SENA, ACOPI y CARDIQUE, en el cual alcanzamos recibir una exaltación formal en el manejo adecuado de residuos por parte de CARDIQUE como autoridad Ambiental.
- Para el año 2017, METAL-PREST inicia la prestación de su nuevo servicio de pruebas hidrostáticas y mantenimiento de válvulas y bombas al sector industrial.
- En la actualidad METAL-PREST goza de un alto reconocimiento y posicionamiento en el mercado, apoyado en la utilización de tecnología de punta (CNC), y talento humano altamente capacitado y actualizado en lo que respecta a la realización de sus funciones y actividades con los estándares de calidad exigidos por la industria en general.
- La Misión de la empresa es ser una empresa metalmecánica dedicada a la fabricación, reparación y reconstrucción de equipos, partes y piezas para la industria en general, construcción y mantenimiento de obras civiles; comprometidos con la calidad, seguridad, salud en el trabajo y sostenibilidad ambiental en nuestros trabajos, apoyados con un recurso humano capacitado, tecnología de punta e instalaciones adecuadas y seguras, buscando siempre una eficiente utilización de los recursos y la rentabilidad de la empresa para brindar un mayor bienestar a socios y colaboradores.
- La visión de la organización es, en el 2020, ser una empresa líder en fabricaciones Metalmecánicas, construcción y mantenimiento de obras civiles en la costa atlántica; garantizando la calidad, la seguridad y el compromiso con el cuidado del medio ambiente en nuestros servicios, apoyados en un sistema de gestión integral. Fortalecidos con tecnología de punta y un alto compromiso en la generación de riqueza, empleo y progreso con responsabilidad social empresarial.

El personal involucrado en el proyecto de determinación del mapa estratégico de Metalprest son las personas que ocupan los siguientes cargos:

- Director de operaciones
- Director compras
- Director sistemas integrados de gestión
- Director comercial
- Director obras civiles
- Director contable
- Gerente administrativo

Posteriormente a conocer los expertos que harán parte del proyecto, se procede a realizar una reunión con los interesados, donde comunican los objetivos que estarían involucrados en los procesos de planeación estratégica. En dicha reunión, los expertos comunicaron los objetivos con los cuales trabajan día a día para conseguir las metas de su negocio.

Tabla 2. Objetivos de la empresa Metal-Prest.

No.	Objetivo	Descripción
A1	Incrementar habilidades y competencias del empleado	Capacitar continuamente a los empleados para mejorar el desempeño de manera constante.
A2	Mejorar Clima Laboral (Motivación)	Mejorar las relaciones interpersonales en la empresa, con el fin de crear un ambiente que propicie la consecución de objetivos.
I1	Mejorar tecnología	Realizar mejoras en la maquinaria utilizada, para garantizar mejor calidad en producto y mejores tiempos de producción.
I2	Mejorar la gestión de la calidad	Incrementar el cumplimiento de los indicadores de gestión.
I3	Mejorar productividad	Reducir el tiempo de fabricación de productos y prestación de servicios, disminuyendo la merma y la cantidad de no conformes.
I4	Incrementar capacidad instalada	Incrementar la capacidad de niveles de producción de la fábrica.
I5	Mejorar cadena de suministros	Mejorar los procesos de abastecimiento, producción y entrega junto a proveedores y clientes.
C1	Mejorar Satisfacción cliente	Incrementar los índices de satisfacción y disminuir los pqs.
C2	Mejorar tiempos de entrega	Disminuir los tiempos de entrega de productos y servicios a los clientes, así como ajustar los tiempos de cumplimiento de proyectos.
C3	Ampliar presencia en diferentes regiones	Obtener mayor número de clientes y ventas en diferentes regiones del país.
C4	Ganar clientes	Consecución de nuevos clientes
F1	Incrementar cuota de mercado	Incrementar el número de ventas frente a los competidores.
F2	Aumentar Ganancias	Incrementar las ganancias de la compañía.
F3	Incrementar ventas	Incrementar los indicadores de ventas de productos y servicios.
F4	Reducción de costos	Reducir los costos globales de la operación.

La convención para las perspectivas del mapa estratégico es:

Inicial	Perspectiva
A	Aprendizaje y crecimiento
I	Procesos internos
C	Clientes
F	Financiera

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Los 15 objetivos estratégicos planteados anteriormente, tienen un total de 128 posibles interrelaciones entre los mismos, teniendo en cuenta que no se admiten relaciones en dirección inversa al crecimiento de las perspectivas. Los objetivos han sido divulgados y considerados por los responsables de la toma de decisiones de la compañía, los cuales fueron la base para la construcción de la misión y visión de la misma. Estos objetivos, según la metodología propuesta, deben ser ponderados por los expertos, para tomar esta información como insumo en la construcción de mapas estratégicos.

Para la obtención de la información relativa a la ponderación de las relaciones entre pares de objetivo, quienes toman decisiones en Metal-prest describieron en términos lingüísticos la importancia que para ellos tiene cada objetivo dentro de la estrategia corporativa. Lo anterior se logró utilizando la metodología de Yousef (2014) que utiliza la siguiente escala Likert para la descripción de importancia por objetivo.

Tabla 3. Escala de Likert para describir la importancia de los objetivos.

Juicio Lingüístico	Abreviación	Valor
Muy alto	MA	9
Alto	A	7
Medio	M	5
Bajo	B	3
Muy bajo	MB	1

Fuente: Yousef (2014)

9.1.1.1 Resultados de la aplicación de la metodología propuesta con mapas cognitivos difusos en Metalprest

Las matrices obtenidas y el desarrollo de la metodología de MCDs para la obtención de los resultados se encuentran en el Anexo 1. La matriz de fortaleza de relaciones totales se obtuvo luego de que cada uno de los 7 expertos definiera en términos lingüísticos, la importancia que para ellos tiene cada objetivo estratégico, esta información fue sometida a los cálculos que supone la metodología MCDs y la matriz obtenida fue la siguiente.

Tabla 4. Matriz de fortaleza de relaciones totales obtenidas con mapas cognitivos difusos.

	A1	A2	I1	I2	I3	I4	I5	C1	C2	C3	C4	F1	F2	F3	F4	D
A1		0,71	0,57	0,86	0,50	0,86	0,64	0,57	0,64	0,71	0,57	0,57	0,57	0,71	0,71	9,21
A2	0,71		0,71	0,71	0,50	0,71	0,64	0,57	0,64	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,57	7,93
I1				0,57	0,79	0,57	0,64	0,71	0,79	0,57	0,57	0,43	0,57	0,43	0,43	7,07
I2			0,57		0,50	0,71	0,79	0,57	0,64	0,71	0,57	0,71	0,57	0,71	0,57	7,64
I3			0,79	0,50		0,36	0,57	0,64	0,57	0,64	0,79	0,50	0,79	0,64	0,36	7,14
I4			0,57	0,71	0,36		0,50	0,57	0,64	0,57	0,43	0,43	0,43	0,57	0,86	6,64
I5			0,64	0,79	0,57	0,50		0,64	0,71	0,64	0,64	0,50	0,64	0,50	0,36	7,14
C1									0,93	0,57	0,86	0,43	0,86	0,71	0,71	5,07
C2								0,93		0,50	0,79	0,50	0,79	0,64	0,64	4,79

C3									0,57	0,50		0,57	0,57	0,57	0,71	0,57	4,07
C4									0,86	0,79	0,57		0,57	1,00	0,86	0,57	5,21
F1														0,57	0,71	0,43	1,71
F2													0,57		0,86	0,57	2,00
F3													0,71	0,86		0,71	2,29
F4													0,43	0,57	0,71		1,71
R	0,71	0,71	3,86	4,14	3,21	3,71	3,79	6,64	6,86	5,93	6,21	7,36	9,21	9,21	8,07		

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Posteriormente, se determinó la importancia global por objetivo en el mapa aplicando la técnica de determinación de causalidad de Dematel, anteriormente mencionada (Ver ecuación 1) dando lugar a los resultados expuestos en la siguiente tabla, donde la suma del D (nivel de influencia) y R (nivel de relación) representan la importancia global de cada objetivo.

Tabla 5. Análisis de Causalidad.

	D (Nivel de influencia)	R (Nivel de relación)	D+R (Nivel de importancia)	D-R	CAUSA O EFECTO
A1	9,21	0,71	9,93	8,50	CAUSA
A2	7,93	0,71	8,64	7,21	CAUSA
I1	7,07	3,86	10,93	3,21	CAUSA
I2	7,64	4,14	11,79	3,50	CAUSA
I3	7,14	3,21	10,36	3,93	CAUSA
I4	6,64	3,71	10,36	2,93	CAUSA
I5	7,14	3,79	10,93	3,36	CAUSA
C1	5,07	6,64	11,71	-1,57	EFECTO
C2	4,79	6,86	11,64	-2,07	EFECTO
C3	4,07	5,93	10,00	-1,86	EFECTO
C4	5,21	6,21	11,43	-1,00	EFECTO
F1	1,71	7,36	9,07	-5,64	EFECTO
F2	2,00	9,21	11,21	-7,21	EFECTO
F3	2,29	9,21	11,50	-6,93	EFECTO
F4	1,71	8,07	9,79	-6,36	EFECTO

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Se utilizaron los datos registrados en la matriz de fortaleza de relaciones de la tabla 4 y las importancias globales por objetivo de la tabla 5, como insumo para el modelo de optimización, para la consecución de la matriz final de conceptos que conforma los mapas estratégicos, el cual se desarrolló en Gusek (ver anexo 2) y se realizó un análisis de sensibilidad con 27 pruebas. En las pruebas que se realizaron, se modificaron los valores de los parámetros: α que representa el mínimo porcentaje de relaciones que se desea obtener, β que representa el porcentaje mínimo de relaciones entre perspectivas aledañas y γ que representa el mínimo porcentaje de calificación de

objetivos posible, que determinará la participación de los objetivos dentro del mapa estratégico. Este análisis se hizo para evaluar el comportamiento de la metodología en distintos escenarios y determinar las mejores combinaciones de parámetros para la obtención de mapas estratégicos que cumplan los requerimientos expresados por los expertos.

La decisión de los valores dentro de los cuales se variaron los parámetros para revisar el comportamiento del modelo se tomó luego de una conversación con los expertos de la compañía, donde expresaron el tipo de mapas estratégicos que esperaban obtener de acuerdo a la estrategia de su negocio.

De lo anterior surge la utilización de un valor de α no muy alto, para que los mapas obtenidos no involucren demasiadas relaciones, saturándolos y dando como resultado mapas que no son entendibles y que no divulgan estrategia alguna. Para la variación de γ , se tuvo en cuenta que no requieren o no necesitan analizar mapas que reduzcan demasiado la cantidad de objetivos, ya que consideran los objetivos que propusieron como de primer nivel e importantes para la estrategia corporativa. Finalmente para la variación de β se tuvieron en cuenta valores no demasiado altos cercanos a 1, para que los mapas resultantes no se vean restringidos a utilizar una distribución completamente jerárquica, impidiendo los saltos entre perspectivas y las relaciones entre objetivos de una misma perspectiva, ya que alejaría un poco de la realidad a los mapas resultantes. Los valores de los parámetros que se definieron se muestran a continuación.

Tabla 6. Parámetros y Pruebas Realizadas

		$\beta 1$		$\beta 2$		$\beta 3$				$\beta 1$		$\beta 2$		$\beta 3$	
		0,3		0,5		0,7				0,3		0,5		0,7	
$\alpha 1$	0,1	$\gamma 1$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\alpha 1$	0,1	$\gamma 1$	1	$\gamma 1$	10	$\gamma 1$	19
		$\gamma 2$	0,7	$\gamma 2$	0,7	$\gamma 2$	0,7			$\gamma 2$	2	$\gamma 2$	11	$\gamma 2$	20
		$\gamma 3$	0,9	$\gamma 3$	0,9	$\gamma 3$	0,9			$\gamma 3$	3	$\gamma 3$	12	$\gamma 3$	21
$\alpha 2$	0,2	$\gamma 1$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\alpha 2$	0,2	$\gamma 1$	4	$\gamma 1$	13	$\gamma 1$	22
		$\gamma 2$	0,7	$\gamma 2$	0,7	$\gamma 2$	0,7			$\gamma 2$	5	$\gamma 2$	14	$\gamma 2$	23
		$\gamma 3$	0,9	$\gamma 3$	0,9	$\gamma 3$	0,9			$\gamma 3$	6	$\gamma 3$	15	$\gamma 3$	24
$\alpha 3$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\gamma 1$	0,5	$\alpha 3$	0,5	$\gamma 1$	7	$\gamma 1$	16	$\gamma 1$	25
		$\gamma 2$	0,7	$\gamma 2$	0,7	$\gamma 2$	0,7			$\gamma 2$	8	$\gamma 2$	17	$\gamma 2$	26
		$\gamma 3$	0,9	$\gamma 3$	0,9	$\gamma 3$	0,9			$\gamma 3$	9	$\gamma 3$	18	$\gamma 3$	27

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Los indicadores utilizados para realizar el análisis de sensibilidad fueron tomados de Pardo et al. (2017) Y López y Quezada (2014) y son los siguientes:

- Porcentaje de reducción de objetivos = $\frac{\text{Número de objetivos resultantes}}{\text{Número total de objetivos}}$ (8)
- Porcentaje de reducción de relaciones = $\frac{\text{Número de relaciones resultantes}}{\text{Número total de relaciones posibles}}$ (9)
- Porcentaje de importancia = $\frac{\sum_i \sum_j x_{ij} * w_{ij}}{\sum_i \sum_j w_{ij}}$
- Indicador de similitud con prueba base = $1 - \frac{\sum_i \sum_j |x_{ij}^{abase, \beta base, \gamma base} - x_{ij}^{an, \beta n, \gamma n}|}{\text{Número de relaciones posibles}}$ (10)
- Indicador de similitud entre modelos = $1 - \frac{\sum_i \sum_j |x_{ij}^{(Dematel)} - x_{ij}^{(MCDs)}|}{\text{Número de relaciones posibles}}$ (11)

El resumen de los resultados obtenidos en las 27 pruebas realizadas a la metodología propuesta puede ser observado en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resumen de las iteraciones realizadas.

Prueba	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\gamma 1$	Número de relaciones resultantes	Número de objetivos resultantes	Beneficio	Porcentaje de importancia	Porcentaje de reducción de relaciones	Porcentaje de reducción de objetivos
1	0,1	0,3	0,5	13	10	9,21	11,56%	89,84%	33,33%
2	0,1	0,3	0,7	13	12	9,28	11,65%	89,84%	20,00%
3	0,1	0,3	0,9	15	14	10,78	13,54%	88,28%	6,67%
4	0,2	0,3	0,5	20	14	16,07	20,18%	84,38%	6,67%
5	0,2	0,3	0,7	20	13	16,07	20,18%	84,38%	13,33%
6	0,2	0,3	0,9	20	14	16,07	20,18%	84,38%	6,67%
7	0,5	0,3	0,5	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
8	0,5	0,3	0,7	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
9	0,5	0,3	0,9	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
10	0,1	0,5	0,5	22	12	15,367	19,30%	82,81%	20,00%
11	0,1	0,5	0,7	22	12	15,5	19,46%	82,81%	20,00%
12	0,1	0,5	0,9	22	14	15,5	19,46%	82,81%	6,67%
13	0,2	0,5	0,5	22	13	16,143	20,27%	82,81%	13,33%
14	0,2	0,5	0,7	22	13	16,075	20,18%	82,81%	13,33%
15	0,2	0,5	0,9	22	14	15,92	19,99%	82,81%	6,67%
16	0,5	0,5	0,5	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
17	0,5	0,5	0,7	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
18	0,5	0,5	0,9	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
19	0,1	0,7	0,5	31	14	21,35	26,81%	75,78%	6,67%
20	0,1	0,7	0,7	31	13	21,64	27,17%	75,78%	13,33%
21	0,1	0,7	0,9	31	14	21,64	27,17%	75,78%	6,67%
22	0,2	0,7	0,5	31	14	21,3572	26,82%	75,78%	6,67%

23	0,2	0,7	0,7	31	14	21,143	26,55%	75,78%	6,67%
24	0,2	0,7	0,9	31	14	21,643	27,18%	75,78%	6,67%
25	0,5	0,7	0,5	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
26	0,5	0,7	0,7	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
27	0,5	0,7	0,9	56	15	40,004	50,23%	56,25%	0,00%
				34,1852	13,8148	24,4739	0,3073	0,7329	0,0790

	Relaciones resultantes	Objetivos resultantes
Promedio	34,185	13,815
Desviación	16,530	1,241
Coficiente De Variación	48,35%	8,99%

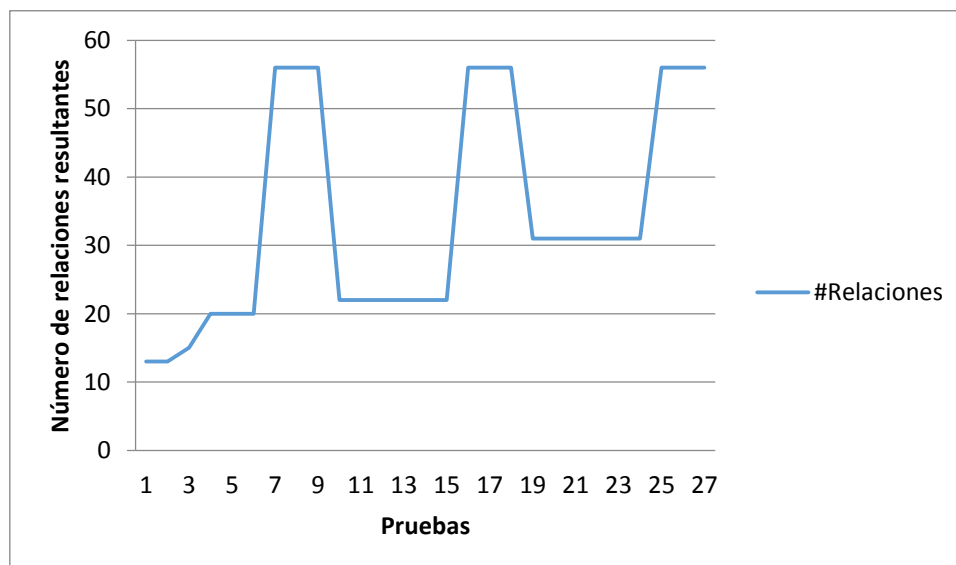
Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

9.1.1.2 Análisis de resultados de aplicación de metodología con MCDs en Metal-Prest

De los resultados que se muestran en la tabla 8 se puede evidenciar una reducción de objetivos importante, ya que en las pruebas realizadas en promedio se obtuvieron aproximadamente 34 relaciones de un total de 128, lo que corresponde al 26.56% del total de relaciones posibles. Los coeficientes de variación fueron del 48,35% para reducción de relaciones y 8.99% para reducción de objetivos, lo que supone homogeneidad en este último.

Las gráficas 1, 2 y 3 muestran el número de relaciones resultantes, numero de objetivos participantes en el mapa y beneficio total obtenido respectivamente en los mapas de acuerdo con las iteraciones anteriormente mostradas.

Gráfica 1. Relaciones resultantes MCDs en Metalprest



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

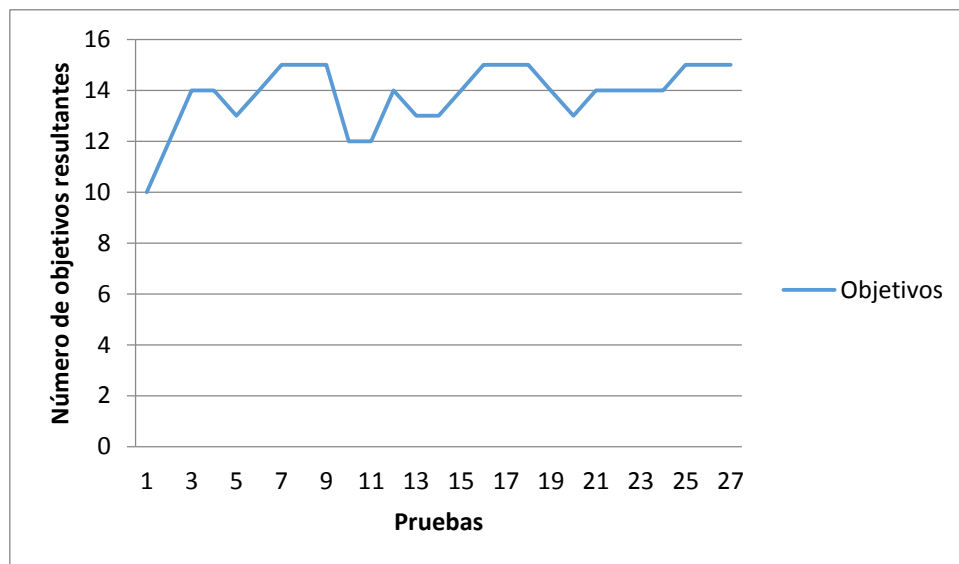
En la gráfica 1, de relaciones resultantes obtenidas, es posible advertir que las relaciones que se obtienen aumentan con el aumento de α , β y γ , demostrando una

variación muy alta al cambiar los valores de α , una variación moderada con los cambios de β y una variación baja en reacción a las modificaciones del parámetro γ .

Durante las primeras pruebas, se puede percibir claramente el aumento del número de relaciones obtenidas cuando hay una variación de α . Sin embargo, a medida que el valor de β aumenta, esta variación se hace menos notable y hace que el comportamiento del modelo sea menos accidentado y pase a tener mayor estabilidad.

Esta información anteriormente mencionada, se debe a que con aumentos de β se restringe el modelo en cuanto a la escogencia de relaciones que salten entre perspectivas o entre la misma, forzando a escoger más relaciones entre objetivos de perspectivas aledañas y minimizando de esta forma, el número de posibles relaciones entre pares de objetivos que se pueden escoger.

Gráfica 2. Objetivos resultantes MCDs en metalprest

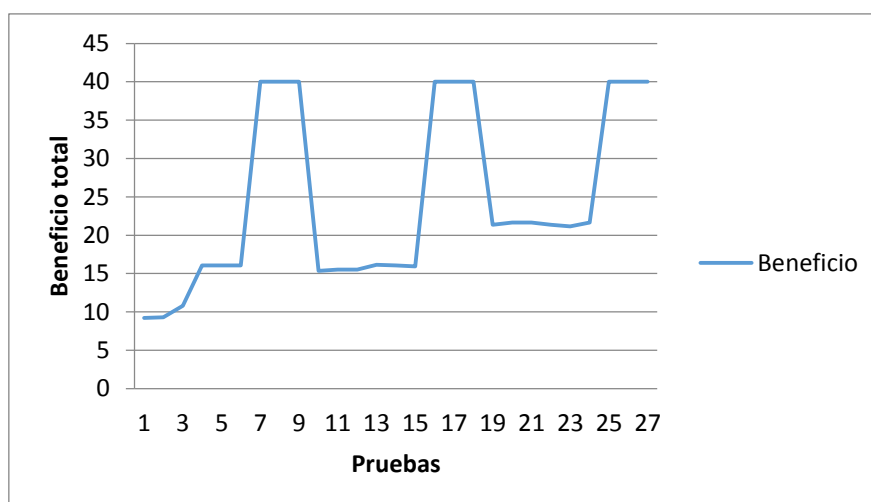


Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Para el caso de los objetivos resultantes, que deben participar o no dentro del mapa, se observa una mayor fluctuación a lo largo de las 27 pruebas realizadas. Sin embargo, la tendencia es al aumento, similar a la que se presenta en el número de relaciones obtenidas, en reacción a los incrementos de α y β y γ .

En segunda instancia, se denota que a mayores valores de β se estabiliza la variación de números de objetivos para tener en cuenta en los mapas estratégicos. Esto último debe su origen a que al aumentar β se obliga al modelo a incluir más objetivos para poder cumplir con el porcentaje mínimo de relaciones entre pares de objetivos de perspectivas aledañas.

Gráfica 3. Beneficio obtenido con MCDs en Metalprest



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En la gráfica 3, se observa el comportamiento del beneficio total obtenido por la suma de las ponderaciones entre cada par de objetivos, dicho beneficio total, lógicamente, aumenta al variar los valores de los parámetros de forma positiva. Lo anterior propone a los dirigentes de las organizaciones, a realizar un balance entre la obtención de mayor beneficio y la reducción tanto de relaciones entre objetivos como a la participación de objetivos dentro del mapa, con el fin de obtener mapas con las mejores interrelaciones que definan la estrategia corporativa y a la vez tengan un beneficio superior.

Posteriormente, se analiza el porcentaje de similitud en cuanto a número de relaciones obtenidas de los mapas resultantes a lo largo de las 27 iteraciones (ver anexo 3). Se realizó una comparación de los resultados obtenidos por el modelo en cada iteración y una iteración de referencia utilizada que fue la numero uno (ecuación 11).

El análisis antes propuesto, se realizó con la metodología utilizada para este propósito en el artículo del modelo de López y Quesada (2014), en la cual se calcula un porcentaje de similitud entre mapas, teniendo en cuenta la suma total de las diferencias entre la variable X_{ij} del modelo que toma valor de 1 si la relación entra en el mapa o 0 de lo contrario, dividido entre el total de relaciones posibles.

Tomando como referencia el análisis de Pardo et al. (2017), el indicador de similitud posibilita ver como varían los mapas estratégicos con respecto a la situación base, esto indica la importancia que tiene la asignación correcta de los valores de estos parámetros de acuerdo con la estrategia planteada en la institución de educación superior. La siguiente tabla muestra las pruebas y los porcentajes de similitud.

Tabla 8. Resultados de indicador de similitud

Prueba	Porcentaje de similitud	Prueba 4 y 1	91,6%
Prueba 2 y 1	92,0%	Prueba 5 y 1	90,7%
Prueba 3 y 1	93,8%	Prueba 6 y 1	92,4%

Prueba 7 y 1	77,3%
Prueba 8 y 1	77,3%
Prueba 9 y 1	77,8%
Prueba 10 y 1	88,0%
Prueba 11 y 1	90,7%
Prueba 12 y 1	91,6%
Prueba 13 y 1	91,6%
Prueba 14 y 1	90,7%
Prueba 15 y 1	90,7%
Prueba 16 y 1	79,1%
Prueba 17 y 1	78,2%

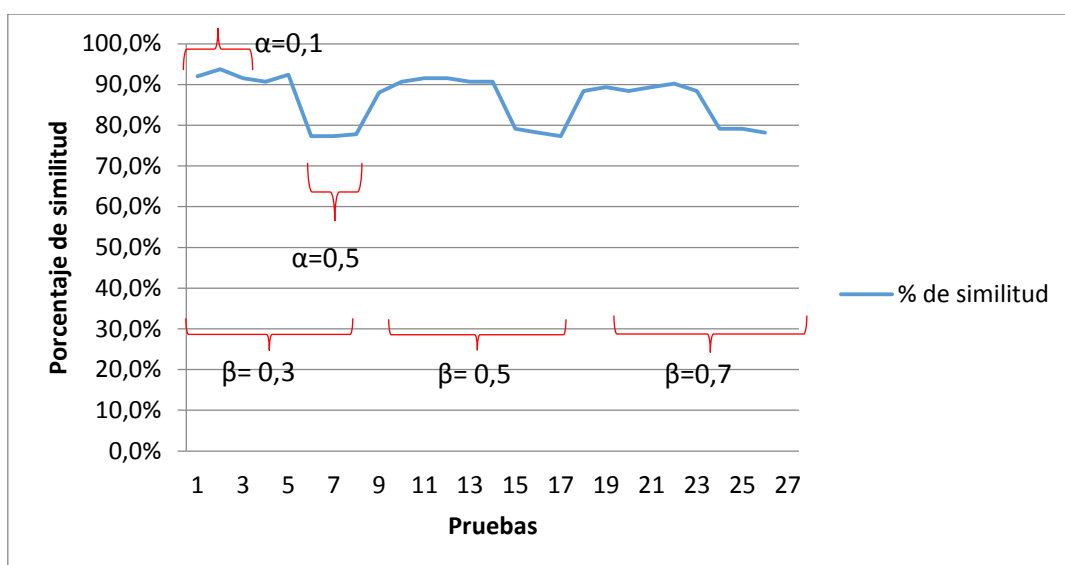
Prueba 18 y 1	77,3%
Prueba 19 y 1	88,4%
Prueba 20 y 1	89,3%
Prueba 21 y 1	88,4%
Prueba 22 y 1	89,3%
Prueba 23 y 1	90,2%
Prueba 24 y 1	88,4%
Prueba 25 y 1	79,1%
Prueba 26 y 1	79,1%
Prueba 27 y 1	78,2%

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

De acuerdo con la información descrita en la tabla 8, es posible concluir que para los valores de los parámetros utilizados en las pruebas realizadas, los porcentajes de similitud entre mapas oscilan entre el 78% y 94%, esto indica que, a variaciones fuertes de los parámetros, sobre todo al parámetro α , los mapas tienden a cambiar de forma contundente. De lo anterior se propone a los expertos que sean muy cuidadosos en la determinación de los valores de los parámetros, para que se obtengan mapas acordes a la estrategia.

En un ámbito ilustrativo, se puede observar en la siguiente gráfica del porcentaje de similitud, un decrecimiento de forma general, el cual se hace más marcado a medida que los valores de α y β aumentan. Esto implica que la similitud en términos de relaciones entre objetivos en los mapas, disminuye a medida que se aumenta el porcentaje mínimo permitido de relaciones resultantes y que se aumenta el porcentaje mínimo de relaciones entre objetivos de perspectivas aledañas. Lo anterior es debido a que, al aumentar las relaciones totales entre los mapas, hay mayor posibilidad de escogencia de relaciones entre un mapa y otro y por consiguiente aumenta la probabilidad de discrepancias.

Gráfica 4. Porcentaje de Similitud entre mapas MCDS en Metalprest



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En el mismo sentido y de forma general, para las variaciones moderadas en los parámetros, los mapas resultantes, guardan una homogeneidad considerable, lo cual hace a la metodología, una herramienta confiable para la escogencia de objetivos y relaciones entre objetivos que conforman un mapa estratégico. La herramienta metodológica demostró lograr una reducción de objetivos importante, por lo que consigue cumplir el objetivo para el cual fue diseñada.

Es relevante, necesario y pertinente seguir abordando la validez y la contundencia de la metodología propuesta. Por esta razón se aplicará al caso “Metalprest una metodología distinta”, donde se use Dematel en lugar de MCDs para la ponderación de relación entre objetivos, con el propósito de realizar posteriormente pruebas de desempeño y determinar diferencias, ventajas y desventajas entre ambas herramientas.

9.1.2 Aplicación de la metodología utilizando Dematel difuso en Metal-Prest.

Para la obtención de la información relativa a la ponderación de las relaciones entre pares de objetivo, quienes toman decisiones en Metalprest describieron en términos lingüísticos la importancia que para ellos tiene cada relación entre par de objetivos. Lo anterior se evalúa a través de variables lingüísticas por medio de números triangulares difusos. Es decir, cada término lingüístico toma tres valores (l , μ y t), como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 9. Términos Lingüísticos.

Juicio Lingüístico	Abreviacion	δ	ϵ	τ
Ma	Muy Alto	0,75	1,00	1,00
A	Alto	0,50	0,75	1,00
B	Bajo	0,25	0,50	0,75
MB	Muy bajo	0,00	0,25	0,50
N	Nulo	0,00	0,00	0,25

Fuente: (Jassbi, Mohamadnejad & Nasrollahzadeh, 2011).

9.1.2.1 Resultados de la aplicación de metodología con Dematel en el caso Metal-Prest

Cada uno de los expertos diligenció una matriz con los juicios lingüísticos para cada par de objetivos y a continuación se realizaron las operaciones matriciales que supone Dematel difuso para la obtención de la matriz final de relaciones totales entre objetivos. Las matrices y operaciones entre ellas se encuentran en el anexo 4.

Tabla 10. Matriz de relaciones totales obtenida con Dematel difuso.

	A1	A2	I1	I2	I3	I4	I5	C1	C2	C3	C4	F1	F2	F3	F4
A1	0	0,07	0,05	0,08	0,10	0,03	0,07	0,11	0,11	0,07	0,10	0,11	0,14	0,13	0,14
A2	0,05	0	0,02	0,05	0,09	0,03	0,04	0,08	0,09	0,05	0,07	0,08	0,11	0,11	0,10
I1	0	0	0	0,08	0,11	0,08	0,09	0,10	0,11	0,08	0,11	0,13	0,16	0,14	0,14
I2	0	0	0,04	0	0,09	0,03	0,07	0,11	0,09	0,07	0,10	0,11	0,14	0,12	0,13
I3	0	0	0,05	0,06	0	0,07	0,08	0,10	0,12	0,07	0,10	0,12	0,15	0,13	0,14
I4	0	0	0,06	0,05	0,09	0	0,08	0,11	0,11	0,09	0,09	0,11	0,15	0,13	0,12
I5	0	0	0,04	0,06	0,09	0,05	0	0,12	0,12	0,09	0,10	0,12	0,16	0,13	0,15
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,06	0,10	0,11	0,12	0,12	0,07
C2	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0	0,06	0,09	0,10	0,12	0,10	0,09
C3	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06	0	0,09	0,10	0,12	0,12	0,07
C4	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,03	0,06	0	0,12	0,12	0,12	0,09
F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10	0,08
F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0	0,07	0,08
F3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,10	0	0,08
F4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,10	0,05	0

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

La tabla anterior ilustra la matriz de ponderaciones entre pares de objetivos obtenida con Dematel difuso. Para la determinación de la importancia global por objetivo dentro del mapa estratégico, se utilizó la metodología de matriz difusa de conceptos de MCDs y posteriormente se realizó un promedio de los resultados obtenidos. Para dicho propósito, se utilizaron como insumo los juicios lingüísticos suministrados por los tomadores de decisiones, utilizando la escala Likert anteriormente propuesta.

Tabla 11. Importancia Global Por Objetivos.

Objetivo	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7	Importancia
A1	0,5	1	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5714
A2	0	1	0	0,5	0	0,5	1	0,4286
I1	0	0,5	0	1	0,5	1	1	0,5714
I2	0,5	1	0,5	0	0	1	1	0,5714
I3	1	0,5	0	1	1	1	1	0,7857
I4	0	1	0,5	0	0,5	0	1	0,4286
I5	0,5	1	0,5	1	0	1	0,5	0,6429
C1	0	1	1	1	1	1	1	0,8571
C2	0	1	1	1	0,5	1	1	0,7857
C3	0,5	0,5	0,5	0	1	1	0,5	0,5714
C4	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
F1	1	0	1	0	0	1	1	0,5714
F2	1	1	1	1	1	1	1	1,0000
F3	1	1	1	0	1	1	1	0,8571
F4	0	1	1	0	1	0	1	0,5714

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Se utilizaron los datos registrados anteriormente como insumo para el modelo de optimización, el cual se desarrolló en Gusek (ver anexo 5) y se realizó un análisis de sensibilidad con 27 pruebas. En las pruebas que se realizaron, se modificaron los valores de los parámetros: α que representa el mínimo porcentaje de relaciones que se desea obtener, β que representa el porcentaje mínimo de relaciones entre perspectivas aledañas y γ que representa el mínimo porcentaje de calificación de objetivos posible, que determinará la participación de los objetivos dentro del mapa estratégico. Este análisis se hizo para evaluar el comportamiento de la metodología en distintos escenarios y determinar las mejores combinaciones de parámetros para la obtención de mapas estratégicos que cumplan los requerimientos expresados por los expertos.

Los valores de los parámetros y las pruebas realizadas se describen en la tabla 7. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados obtenidos de las 27 iteraciones del modelo matemático donde aparecen los parámetros, número de relaciones resultantes, objetivos resultantes y beneficios y su porcentaje de importancia y reducción, respectivamente.

Tabla 12. Resumen de las 27 Iteraciones

Prueba	α	β	γ	Número de relaciones resultantes	Número de objetivos resultantes	Beneficio	Porcentaje de importancia	Porcentaje de reducción de relaciones	Porcentaje de reducción de objetivos
1	0,1	0,3	0,5	13	8	1,37	11,62%	89,84%	46,67%
2	0,1	0,3	0,7	13	10	1,355	11,49%	89,84%	33,33%
3	0,1	0,3	0,9	14	13	1,44	12,21%	89,06%	13,33%
4	0,2	0,3	0,5	20	10	2,43	20,61%	84,38%	33,33%
5	0,2	0,3	0,7	20	10	2,393	20,29%	84,38%	33,33%
6	0,2	0,3	0,9	20	13	2,37	20,10%	84,38%	13,33%
7	0,5	0,3	0,5	49	15	5,89	49,95%	61,72%	0,00%
8	0,5	0,3	0,7	49	15	5,89	49,95%	61,72%	0,00%
9	0,5	0,3	0,9	49	15	5,89	49,95%	61,72%	0,00%
10	0,1	0,5	0,5	22	13	2,19	18,57%	82,81%	13,33%
11	0,1	0,5	0,7	22	13	2,2	18,66%	82,81%	13,33%
12	0,1	0,5	0,9	22	14	2,22	18,83%	82,81%	6,67%
13	0,2	0,5	0,5	23	14	2,43	20,61%	82,03%	6,67%
14	0,2	0,5	0,7	23	12	2,44	20,69%	82,03%	20,00%
15	0,2	0,5	0,9	23	13	2,47	20,95%	82,03%	13,33%
16	0,5	0,5	0,5	50	15	5,98	50,71%	60,94%	0,00%
17	0,5	0,5	0,7	50	15	5,98	50,71%	60,94%	0,00%
18	0,5	0,5	0,9	50	15	5,99	50,80%	60,94%	0,00%
19	0,1	0,7	0,5	30	14	3,08	26,12%	76,56%	6,67%

20	0,1	0,7	0,7	30	15	3,051	25,87%	76,56%	0,00%
21	0,1	0,7	0,9	30	14	3,087	26,18%	76,56%	6,67%
22	0,2	0,7	0,5	30	14	3,08	26,12%	76,56%	6,67%
23	0,2	0,7	0,7	30	14	3,1	26,29%	76,56%	6,67%
24	0,2	0,7	0,9	30	14	3,087	26,18%	76,56%	6,67%
25	0,5	0,7	0,5	51	15	5,93	50,29%	60,16%	0,00%
26	0,5	0,7	0,7	51	15	5,94	50,37%	60,16%	0,00%
27	0,5	0,7	0,9	51	15	5,94	50,37%	60,16%	0,00%
				32,037037	13,444444	3,6008519	30,54%	74,97%	10,37%

	Relaciones resultantes	Objetivos resultantes
Promedio	32,037	13,444
Desviación	13,213	1,930
CV	41,24%	14,36%

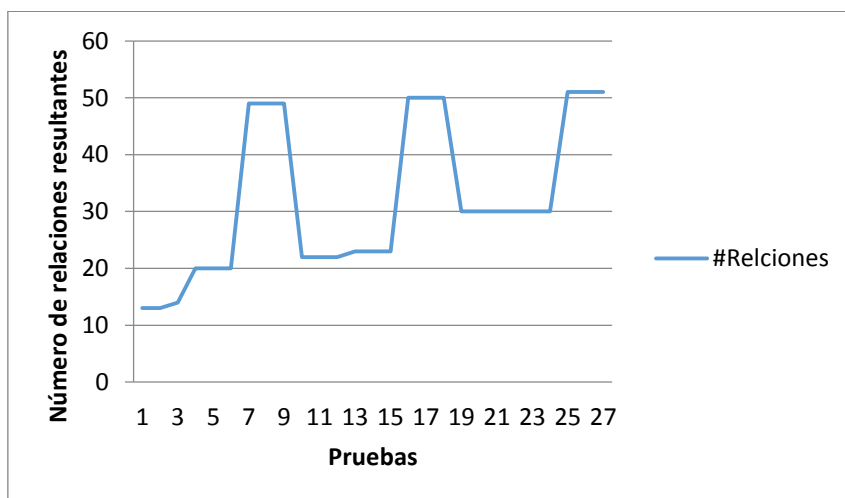
Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

9.1.2.2 Análisis de resultados de aplicar metodología con Dematel difuso en el caso Metal-prest

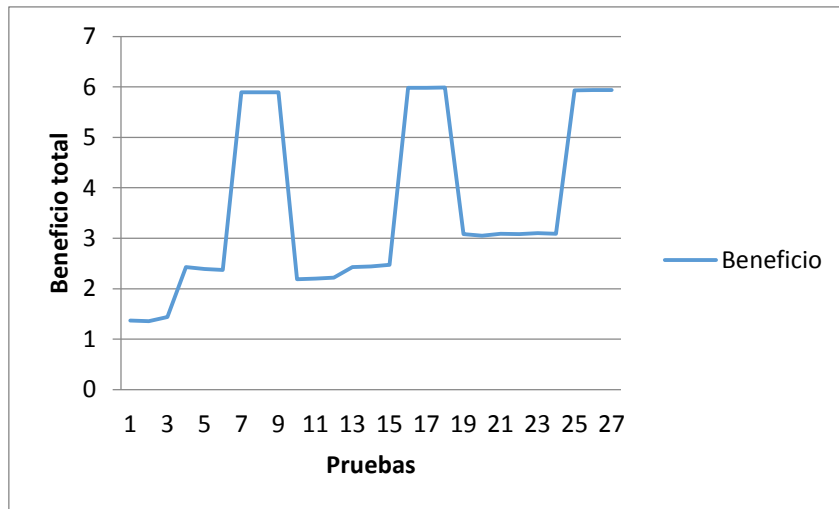
De los resultados que se muestran en la anterior tabla, es posible evidenciar una reducción de objetivos importante, dado que, en las pruebas realizadas en promedio, se obtuvieron aproximadamente 32 relaciones de un total de 128, lo que equivale al 25% de las relaciones posibles. Los coeficientes de variación fueron del 41,24% para reducción de relaciones y 14,36% para reducción de objetivos, lo que supone homogeneidad en este último.

Los resultados obtenidos del comportamiento de la variación de parámetros se pueden observar en las siguientes gráficas.

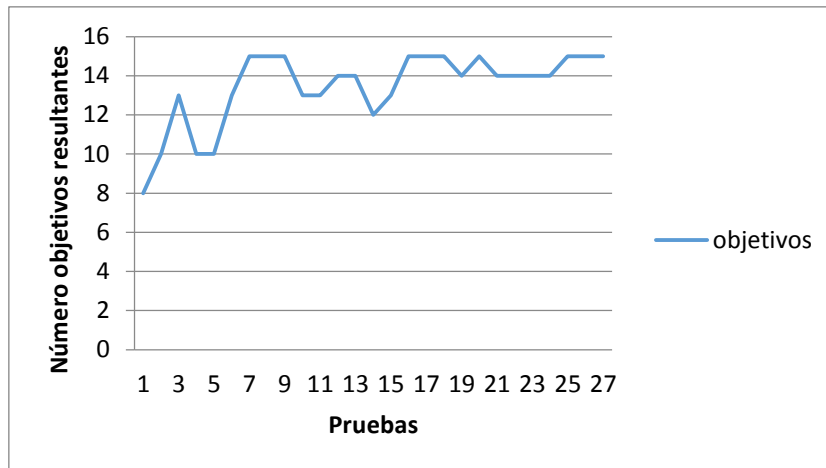
Gráfica 5. Relaciones resultantes con Dematel en Metalprest



Gráfica 6. Beneficio obtenido con Dematel en Metalprest



Gráfica 7. Objetivos resultantes con Dematel en Metalprest



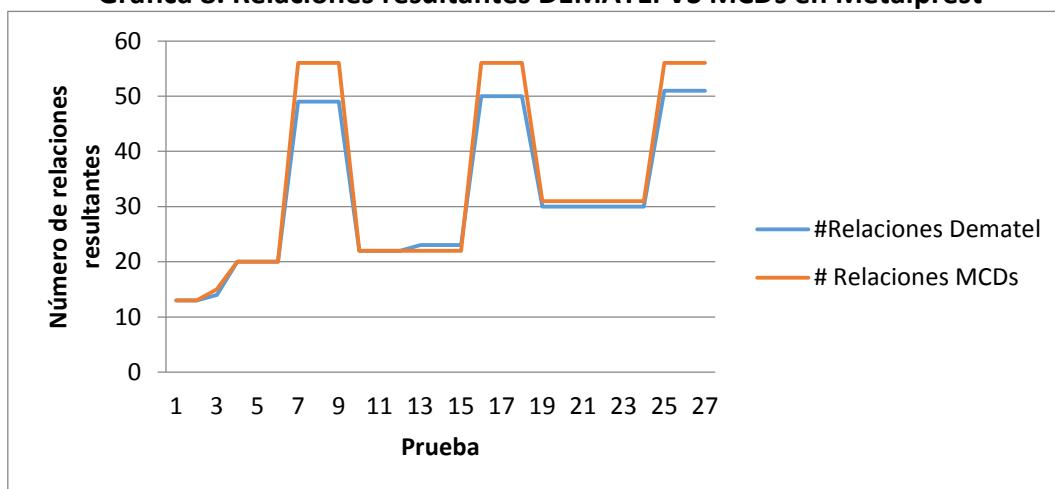
Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Tomando en cuenta las gráficas anteriores, podemos observar que el modelo muestra un patrón similar al que presenta utilizando la metodología de mapas cognitivos difusos: Incremento de No. de relaciones resultantes, objetivos a ingresar en el mapa y beneficio al aumentar los parámetros α , β y γ y estabilización de las variaciones al aumentar β . Por esta razón, es pertinente analizar en conjunto los resultados obtenidos por ambas metodologías, para tener una mejor visión de bajo que valores de los parámetros, una metodología es mejor que la otra, y cuáles son las diferencias entre una y la otra.

9.1.3 Análisis comparativo de la aplicación al caso Metal-Prest entre MCDs y Dematel

En las siguientes gráficas se observa de manera conjunta, el comportamiento que tienen ambas metodologías a las variaciones de los parámetros. Lo anterior se hace con el fin de determinar diferencias entre ambas técnicas.

Gráfica 8. Relaciones resultantes DEMATEI VS MCDs en Metalprest

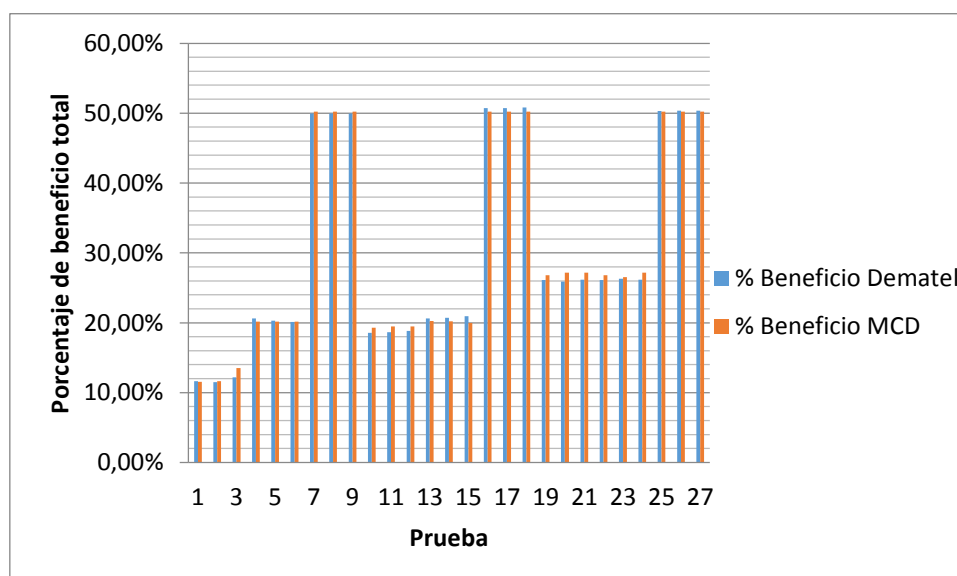


Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En la ilustración comparativa entre Dematel difuso y MCDs, de relaciones obtenidas, ilustrada en la gráfica 6, se infiere que los comportamientos para las dos metodologías utilizadas siguen patrones similares, al aumento conforme se aumenta los valores de los parámetros α y β y γ . Sin embargo es posible dilucidar que, para valores altos de α , la metodología que utiliza mapas cognitivos difusos arroja más interrelaciones entre objetivos resultantes que la que utiliza Dematel difuso.

De acuerdo con la información que aparece en la gráfica 9, que corresponde a porcentaje de beneficio obtenido, se denota que ambas metodologías obtienen un porcentaje muy similar de beneficio sobre el total posible, esto indica que, con base en este criterio, cualquiera de las dos metodologías que se utilice arrojará resultados consistentes.

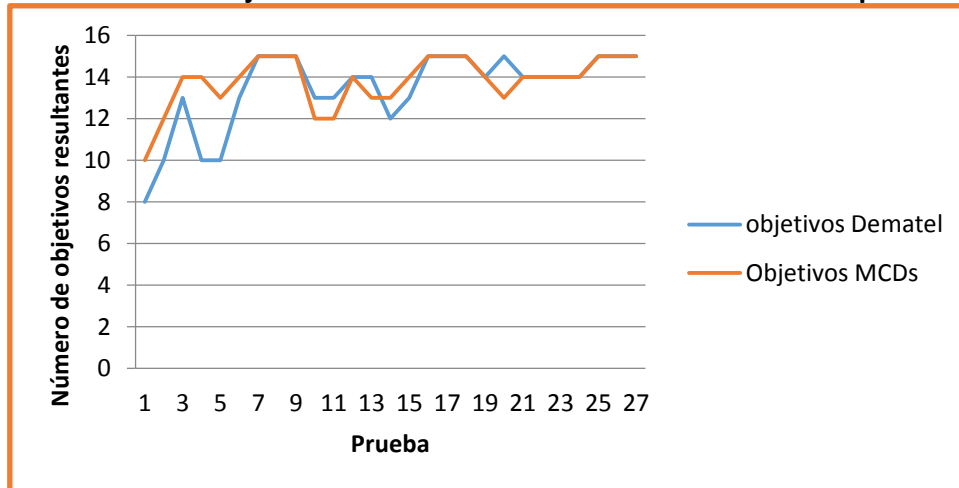
Gráfica 9. Porcentaje de Beneficio DEMATEL vs MCDs en Metalprest



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Teniendo en cuenta que estos modelos buscan la reducción de interrelaciones, es posible afirmar que para valores altos de α la metodología que utiliza Dematel difuso es más conveniente. Dicha conclusión está fundamentada, luego de conocer que ambos modelos obtienen un porcentaje de beneficio muy similar, dado que, obteniendo el mismo beneficio con menor número de relaciones, se cumple mejor el objetivo de la técnica.

Gráfica 10. Objetivos resultantes Dematel vs MCDs en Meatlprest



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Finalmente, se hace un análisis sobre los objetivos resultantes que participarán, o no, en los mapas estratégicos obtenidos. En el gráfico 10, se puede dilucidar que, aunque ambas metodologías presentan un comportamiento al crecimiento mientras se aumentan los valores de α y β , la metodología que utiliza mapas cognitivos difusos presenta menor fluctuación o variabilidad, ajustándose de forma más precisa al porcentaje que define el parámetro γ . Por este motivo, en términos de ajuste al parámetro de reducción de objetivos, el modelo que utiliza mapas cognitivos difusos presenta un mejor desempeño que el que utiliza Dematel. Lo anterior para valores del parámetro β bajos, ya que a medida que este incrementa, va ocasionando una estabilidad sobre las fluctuaciones, otorgando mayor similitud entre ambas metodologías.

Esta premisa también puede ser corroborada con la comparación de los coeficientes de variación con respecto a objetivos resultantes entre ambas metodologías, el cual fue de 8.99% para MCDs y de 14.36% para Dematel.

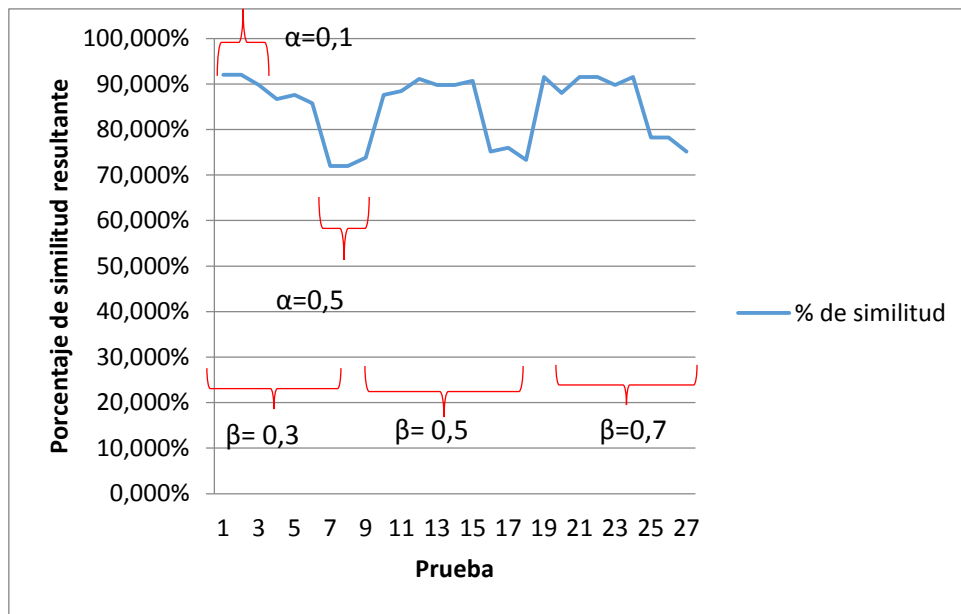
A manera de concluir con la comparación entre estas dos metodologías, aplicadas en el caso de la empresa "Metalprest", realizaremos el análisis del porcentaje de similitud entre ambas metodologías a lo largo de las 27 pruebas realizadas (Ver anexo 6). Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Pruebas, parámetros y Porcentaje de Similitud

No.	α_1	β_1	γ_1	Porcentaje de similitud
Prueba 1	0,1	0,3	0,5	92,0%
Prueba 2	0,1	0,3	0,7	92,0%
Prueba 3	0,1	0,3	0,9	89,8%
Prueba 4	0,2	0,3	0,5	86,7%
Prueba 5	0,2	0,3	0,7	87,6%
Prueba 6	0,2	0,3	0,9	85,8%
Prueba 7	0,5	0,3	0,5	72,0%
Prueba 8	0,5	0,3	0,7	72,0%
Prueba 9	0,5	0,3	0,9	73,8%
Prueba 10	0,1	0,5	0,5	87,6%
Prueba 11	0,1	0,5	0,7	88,4%
Prueba 12	0,1	0,5	0,9	91,1%
Prueba 13	0,2	0,5	0,5	89,8%
Prueba 14	0,2	0,5	0,7	89,8%
Prueba 15	0,2	0,5	0,9	90,7%
Prueba 16	0,5	0,5	0,5	75,1%
Prueba 17	0,5	0,5	0,7	76,0%
Prueba 18	0,5	0,5	0,9	73,3%
Prueba 19	0,1	0,7	0,5	91,6%
Prueba 20	0,1	0,7	0,7	88,0%
Prueba 21	0,1	0,7	0,9	91,6%
Prueba 22	0,2	0,7	0,5	91,6%
Prueba 23	0,2	0,7	0,7	89,8%
Prueba 24	0,2	0,7	0,9	91,6%
Prueba 25	0,5	0,7	0,5	78,2%
Prueba 26	0,5	0,7	0,7	78,2%
Prueba 27	0,5	0,7	0,9	75,1%

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Gráfica 11. Porcentaje de similitud entre Dematel difuso y MCDs en Metalprest.



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Es posible observar en la gráfica, un decrecimiento de forma general, el cual se hace más marcado a medida que los valores de α y β aumentan. Esto implica que la similitud en términos de relaciones resultantes entre objetivos en los mapas obtenidos, aplicando tanto Dematel como MCDs, disminuye a medida que se aumenta el porcentaje mínimo permitido de relaciones resultantes y que se aumenta el porcentaje mínimo de relaciones entre objetivos de perspectivas aledañas. Lo anterior se debe a que al aumentar las relaciones totales entre los mapas, hay mayor posibilidad de escogencia de relaciones entre un mapa y otro y por consiguiente aumenta la probabilidad de discrepancias.

De forma general, para las variaciones moderadas en los parámetros, los mapas resultantes, guardan una homogeneidad considerable, lo cual nos permite considerar que ambas metodologías son una herramienta confiable para la escogencia de objetivos y relaciones entre objetivos que conforman un mapa estratégico. Las metodologías demostraron lograr una reducción de objetivos importante, por lo que consigue cumplir el objetivo para el cual fue diseñada.

Para culminar con la comparación entre estas dos metodologías, aplicadas en el caso de la empresa "Metalprest", se realizará el análisis del porcentaje de similitud con respecto a cantidad de relaciones resultantes entre ambas metodologías a lo largo de las 27 pruebas realizadas. Además de lo anterior, se graficará y se comparará de forma conjunta, los porcentajes de similitud con prueba base de cada una de las metodologías, con el fin de revisar cual metodología presenta mayor estabilidad u homogeneidad a la variación de parámetros. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

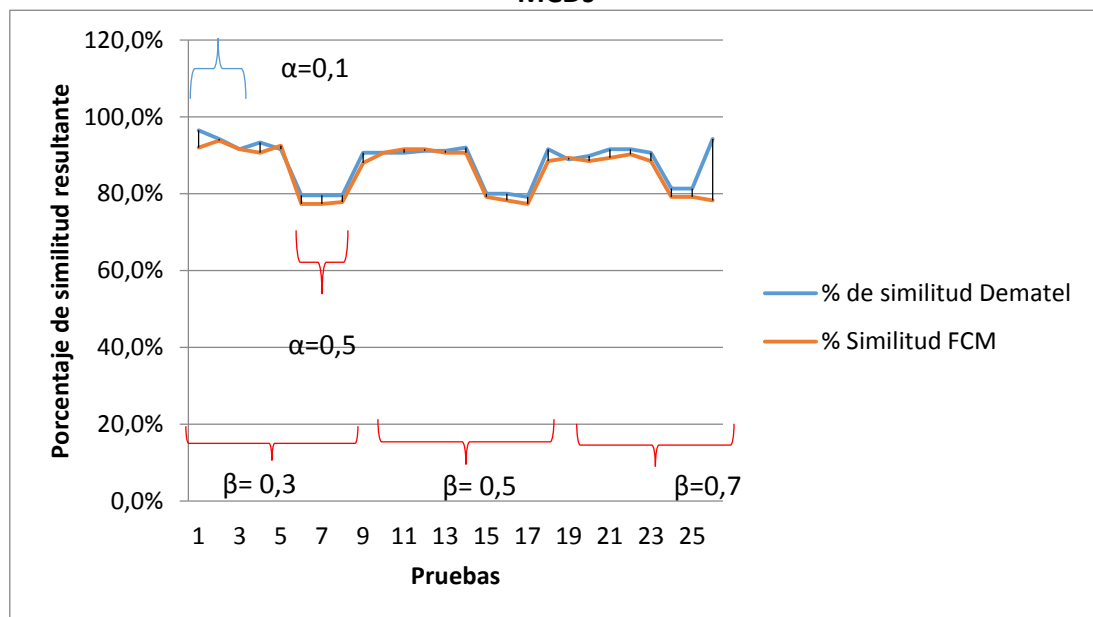
Tabla 14. Comparación de Porcentaje de similitud con prueba base entre Dematel difuso y MCDs

Pruebas	Porcentaje SIMILITUD DEMATEL	Porcentaje SIMILITUD FCM
Prueba 2 y 1	96,4%	92,0%
Prueba 3 y 1	94,2%	93,8%
Prueba 4 y 1	91,6%	91,6%
Prueba 5 y 1	93,3%	90,7%
Prueba 6 y 1	91,6%	92,4%
Prueba 7 y 1	79,6%	77,3%
Prueba 8 y 1	79,6%	77,3%
Prueba 9 y 1	79,6%	77,8%
Prueba 10 y 1	90,7%	88,0%
Prueba 11 y 1	90,7%	90,7%
Prueba 12 y 1	90,7%	91,6%
Prueba 13 y 1	91,1%	91,6%
Prueba 14 y 1	91,1%	90,7%
Prueba 15 y 1	92,0%	90,7%
Prueba 16 y 1	80,0%	79,1%
Prueba 17 y 1	80,0%	78,2%
Prueba 18 y 1	79,1%	77,3%
Prueba 19 y 1	91,6%	88,4%
Prueba 20 y 1	88,9%	89,3%
Prueba 21 y 1	89,8%	88,4%
Prueba 22 y 1	91,6%	89,3%
Prueba 23 y 1	91,6%	90,2%
Prueba 24 y 1	90,7%	88,4%
Prueba 25 y 1	81,3%	79,1%
Prueba 26 y 1	81,3%	79,1%
Prueba 27 y 1	94,2%	78,2%

Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Los datos de la anterior tabla complementados con la siguiente gráfica, permite concluir que, al analizar la gráfica de porcentaje de similitud con prueba base conjunta para MCDs y Dematel, es posible confirmar que ambas metodologías presentan un ajuste de similitud equivalente entre mapas a lo largo de las 27 pruebas. Lo anterior permite comprobar la viabilidad y la validez de la metodología MCDs propuesta, al ser confrontada con una metodología de éxito como Dematel difuso y arrojar resultados similares para la elaboración de mapas estratégicos.

Gráfica 12. Comparación de porcentaje de Similitud con prueba base entre Dematel y MCDs



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

Aunque se concluyó que ambas metodologías, en términos de relaciones resultantes, guardan un porcentaje de similitud considerable, es necesario revisar gráficamente las relaciones que se están obteniendo en los mapas estratégicos para cada una de las metodologías y someterlos al juicio de los expertos en la industria, para que determinen cuales mapas arrojan resultados que describen mejor su estrategia corporativa.

9.1.4 Sometimiento de la metodología al juicio valor de los expertos de Metal-Prest

Posterior al proceso de comparaciones pertinentes y pruebas de rendimiento del modelo propuesto, se procede a proponer diferentes mapas obtenidos de las variaciones de los parámetros a la empresa Metalprest, utilizando ambas metodologías. Para lo anterior se realizó, una reunión con la gerencia para determinar qué tipo de mapas podían ceñirse mejor a la estrategia de su empresa, teniendo en cuenta la variación de los parámetros, dada la cantidad de objetivos que requirieran o la cantidad de relaciones que describan mejor su estrategia:

9.1.4.1 Determinación de criterios para realizar las pruebas

Para la variación de los parámetros, quienes toman decisiones solicitaron ver mapas con un número reducido de interrelaciones, entre el 10% y el 20% de las relaciones posibles, dado que en su concepto mapas con demasiadas interrelaciones, no ofrecen una descripción clara de estrategia corporativa.

En cuanto a objetivos resultantes, solicitaron una prueba donde se restrinja el retiro de objetivos, ya que consideran sus objetivos de primera línea y muy importantes para su estrategia, pero solicitaron otra donde se permitiera un mayor número de retiros de objetivos, con el fin de ver cual metodología retira los objetivos que ellos consideran menos relevantes para su estrategia.

Por último, solicitaron fijar el parámetro de objetivos de relaciones aledañas en un 30%, ya que consideran que se deben permitir las interrelaciones entre las mismas perspectivas y entre perspectivas no aledañas, dado que, en su modelo de negocio se presentan este tipo de relaciones.

Los mapas obtenidos son los siguientes.

9.1.4.2 Mapas estratégicos resultantes

Tabla 15. Mapas Obtenidos.

Item	Mapa#1. MCDs	Mapa#2 DEMATEL	Mapa#3 MCDs	Mapa#4 DEMATEL
α	0,1	0,1	0,2	0,2
β	0,3	0,3	0,3	0,3
γ	0,9	0,9	0,5	0,5
#Relaciones	15	14	20	20
#Objetivos	14	13	14	10

%Calificación	13,50%	12,20%	20,20%	20,60%
----------------------	--------	--------	--------	--------

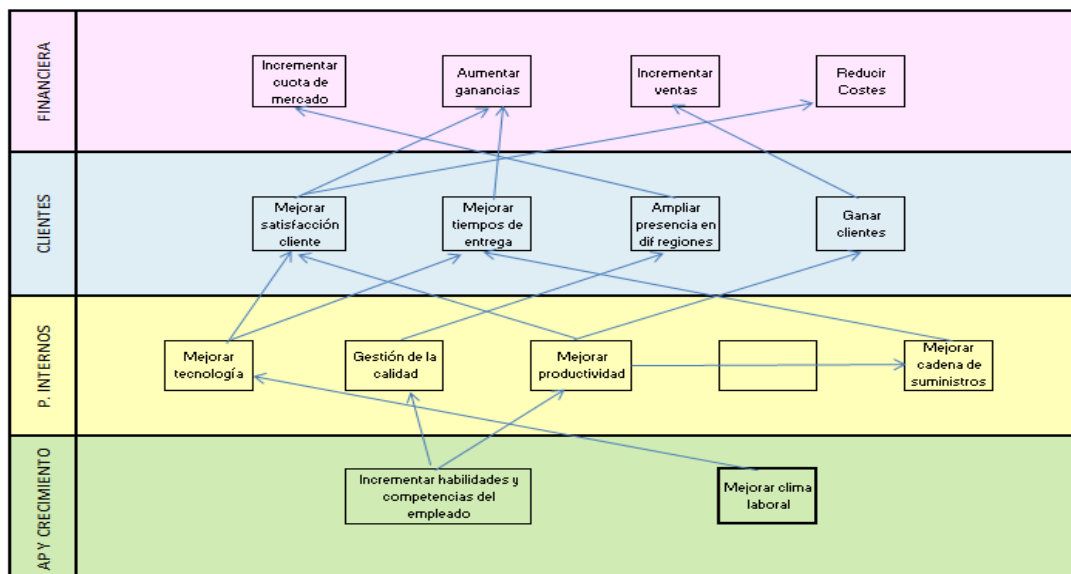
Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En el mapa 1 se observa como el incremento de las habilidades de los empleados, causa mejoras en la calidad de los productos y servicios y en la productividad. De lo anterior resulta una mejor cadena de suministros, que procura menores tiempos de entrega y por consiguiente una mayor satisfacción de los clientes y la ganancia de nuevos clientes, lo que al final del ejercicio conlleva a la reducción de costos organizacionales, incrementar las ventas y las ganancias del negocio.

Otro aspecto relevante por recalcar en el mapa es que el incremento de los estándares de calidad y la satisfacción del cliente, permitirán tener una mayor presencia en diferentes regiones del país, lo cual conlleva a un aumento en la cuota de mercado.

Este mapa contiene 15 relaciones lo que equivale al 11.70% del total de posibilidades, es decir que el modelo supone que el 88% de relaciones restantes no son tan relevantes como las seleccionadas para divulgar la estrategia de la compañía. El mapa integra 14 objetivos, retirando el objetivo de aumentar capacidad instalada. El porcentaje de calificación total es del 13.50%.

Mapa 1. Obtenido con la metodología MCDs



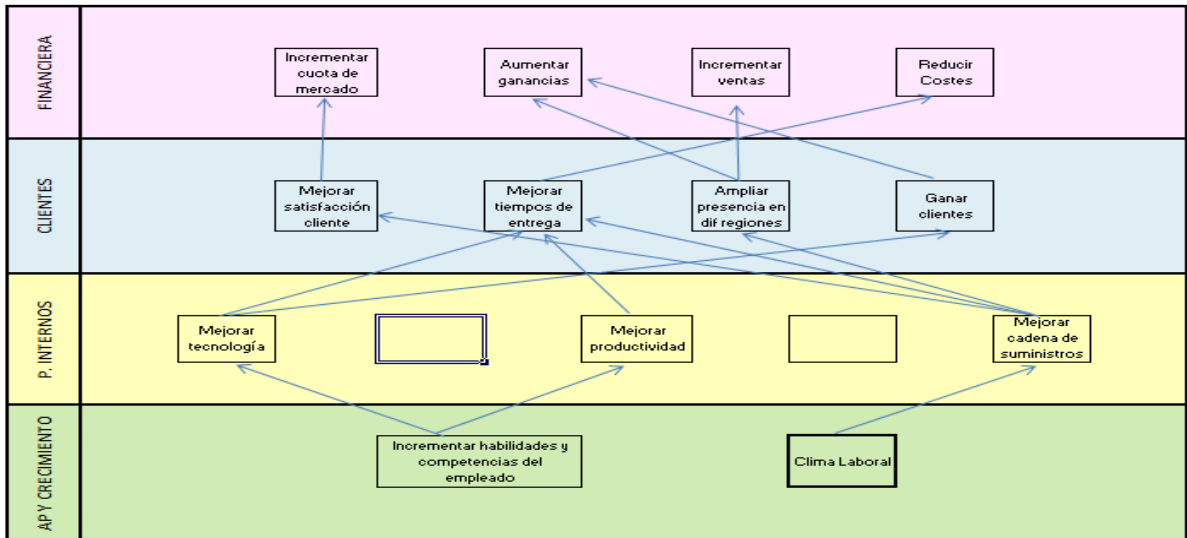
Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En el mapa 2, obtenido mediante la metodología Dematel difuso, propone que la capacitación de los empleados y una mejora en el clima laboral provocan mejoras en la productividad y en la cadena de suministros, permitiendo mejorar la satisfacción del cliente y que esto se refleje en un aumento de las ganancias. Sin embargo el mapa retira el objetivo de mejorar la gestión de la calidad y no lo tiene en cuenta para la estrategia corporativa.

Este mapa contiene 14 relaciones lo que equivale al 10.9% del total de posibilidades, es decir que el modelo supone que el 89.1% de relaciones restantes no son tan relevantes como las seleccionadas para divulgar la estrategia de la compañía. El mapa

integra 13 objetivos, retirando el objetivo de mejorar la gestión de calidad y el incremento de la capacidad instalada. El porcentaje de calificación total es del 12.20%.

Mapa 2. Obtenido con la metodología DEMATEL

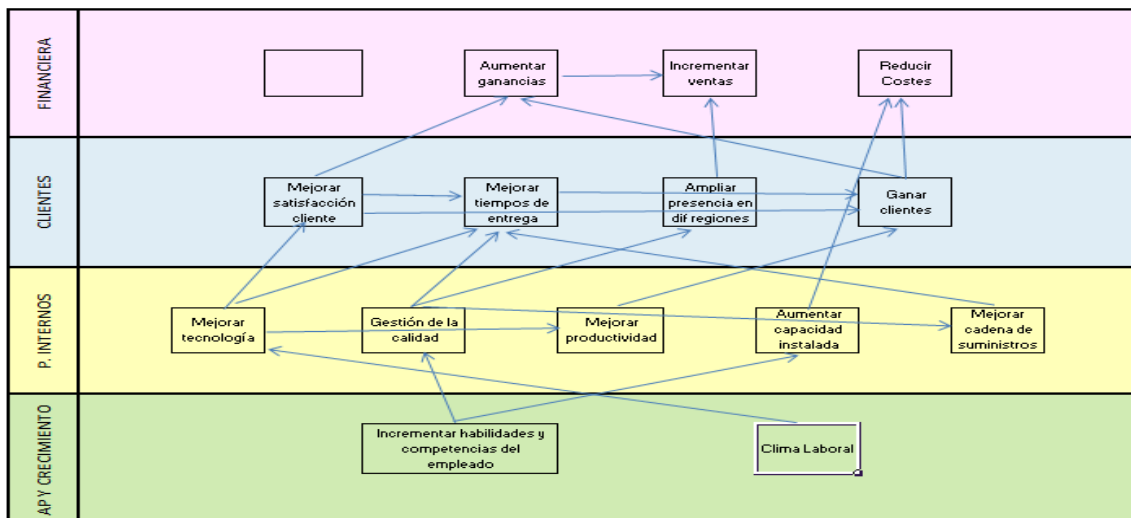


Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En el mapa 3, Se percibe un número mayor de interrelaciones entre objetivos de una misma perspectiva, como el hecho de que mejorar la satisfacción de los clientes, ayuda a ganar nuevos clientes, o que realizar mejoras en la tecnología, causa una mejora en la productividad. Las iniciativas anteriormente descritas conllevan a la reducción de costos y al incremento de las ventas.

Este mapa contiene 20 relaciones lo que equivale al 15.6% del total de posibilidades, es decir que el modelo supone que el 84.6% de relaciones restantes no son tan relevantes como las seleccionadas para divulgar la estrategia de la compañía. El mapa integra 14 objetivos, retirando el objetivo de aumentar la cuota de mercado. El porcentaje de calificación total es del 20.20%.

Mapa 3. Obtenido con la metodología MCDs



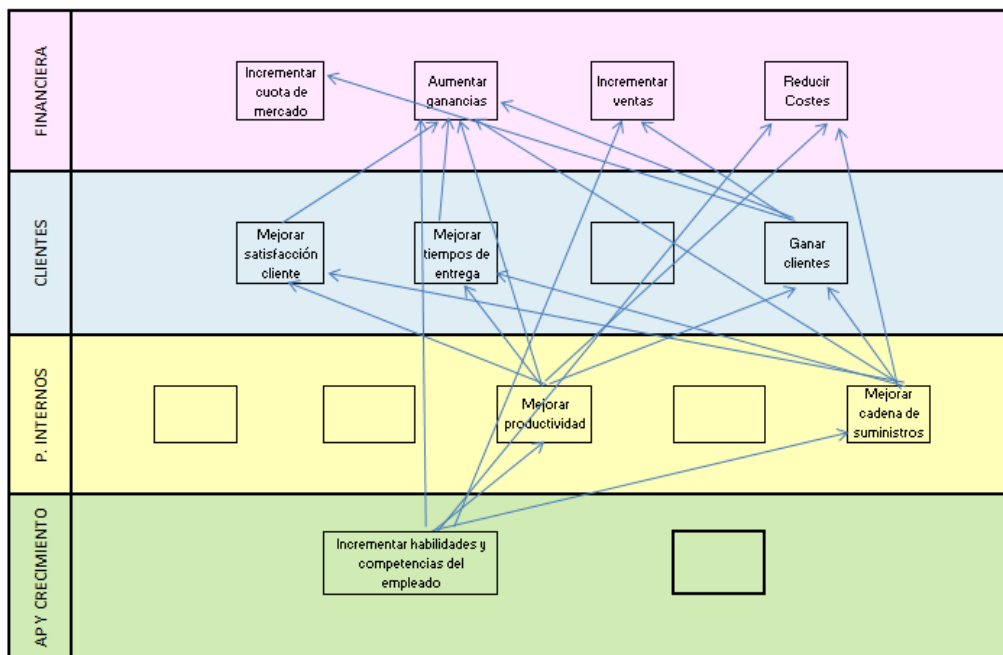
Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

En el mapa 4 se pueden ver un mayor número de relaciones que saltan las perspectivas aledañas, como por ejemplo permite integrar objetivos del área de aprendizaje y crecimiento directamente con objetivos de la perspectiva financiera. Ejemplo de lo anterior es la relación directa entre incrementar las habilidades de los empleados con la consecuencia de un aumento de las ganancias.

Este mapa plantea que los procesos internos de mejora de productividad y mejora en la cadena de suministros son la base para la consecución de los objetivos en las perspectivas del cliente como mejorar la satisfacción y ganar clientes, lo que al final debe conducir al aumento de ventas, reducción de costos y aumento de las ganancias.

Este mapa contiene 20 relaciones lo que equivale al 15.6% del total de posibilidades, es decir que el modelo supone que el 84.6% de relaciones restantes no son tan relevantes como las seleccionadas para divulgar la estrategia de la compañía. El mapa integra 10 objetivos, retirando los objetivos de mejorar el clima laboral, mejorar tecnología, gestión de la calidad, incremento de capacidad instalada y ampliar presencia en diferentes regiones del país. El porcentaje de calificación total es del 20.60%.

Mapa 4. Obtenido con la metodología DEMATEL



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

9.1.4.3 Análisis y decisión de los expertos de Metal-Prest

Posterior al análisis de los mapas resultantes se obtiene la respuesta de los tomadores de decisiones de “Metalprest” respecto a cuál de los mapas se ajusta a lo que define su estrategia corporativa. La decisión fue tomada teniendo en cuenta criterios como

relación lógica de las interrelaciones y retiro de objetivos importantes para su estrategia.

Según los expertos, el mapa 1, obtenido con la metodología MCDs es para ellos el que mejor se ajusta a su modelo de negocio. Lo anterior se debe a que mantiene 14 objetivos que consideran muy importantes en su organización y las interrelaciones entre los mismos tienen un mayor sentido lógico que las de los otros mapas.

Con respecto al mapa 2, este retira objetivos como gestión de la calidad y aumento de la capacidad instalada, dos objetivos de la perspectiva de procesos internos. Lo anterior disminuye la importancia de la perspectiva hacia la consecución de los objetivos estratégicos, lo cual no es tan representativo de su modelo de negocio.

Con respecto al mapa 3 consideran que el retirar un objetivo financiero tan importante como aumentar la cuota de mercado, lo aleja un poco de la realidad de su negocio.

El mapa 4, retira 5 objetivos, lo cual concentra un mayor número de relaciones en las perspectivas financieras. Los directores piensan que para conseguir dichos objetivos debe haber una relación coherente entre objetivos en todas las perspectivas.

9.1.5 Conclusión de la aplicación de la metodología en Metal-Prest

Con la aplicación de la metodología propuesta en la empresa Metal- Prest se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se comprueba en primera instancia la validez de la metodología propuesta, dado que se contrastó con la metodología Dematel difuso en la aplicación al caso Metalprest y arrojó resultados similares y un porcentaje de similitud considerable frente a una metodología de éxito.
- La Metodología guarda cierta homogeneidad en los resultados a variaciones leves de los parámetros, por lo cual se considera que es una herramienta válida para ofrecer a los tomadores de decisiones diferentes escenarios bajo simulación, con el objeto de tomar la mejor decisión de conformación de sus mapas estratégicos.
- A pesar de que la metodología con Dematel difuso arrojó resultados donde se ofrecía una mayor reducción de relaciones entre objetivos, la metodología con MCDs demostró mejor adaptación a la variación de los parámetros en cuanto a reducción de objetivos.
- Según los expertos de Metal-Prest, la metodología propuesta arrojó mapas estratégicos más congruentes con su estrategia, de acuerdo a criterios como lógica de las relaciones y reducción coherente de objetivos.

9.2 Análisis y Comparación con los Resultados Obtenidos con otras Técnicas

Multicriterio en casos relevantes de la literatura.

Con el fin de tener más argumentos que sustenten la validez y el aporte de la técnica propuesta en este proyecto, es pertinente seguir ahondando en realizar comparaciones y análisis frente a casos de éxito de la literatura relevante. Por lo anterior, en el siguiente apartado se realizarán comparaciones del modelo propuesto con los propuestos en algunos casos de estudios donde se utilizan técnicas multicriterio distintas a la evaluada en este proyecto, así como modelos de optimización y de selección de relaciones con algunas variaciones.

Este apartado inicia con la comparación del modelo propuesto con el utilizado en Pardo et al. (2017), quienes utilizan Dematel difuso para las ponderaciones de objetivos y de interrelaciones entre objetivos y optimización para la priorización de las selecciones. Seguido de una símil con López-Ospina et al. (2017), quienes proponen Dematel difusos para la ponderación de interrelaciones entre objetivos y optimización para priorizar la selección.

9.2.1 Comparación de la metodología propuesta frente a propuesta en Pardo et al. (2017)

En el presente apartado se realiza comparación del modelo propuesto frente al propuesto en Pardo et al. (2017), donde se ofrece la técnica para la conformación de mapas estratégicos en un entorno académico, de varias universidades.

Para poder realizar una comparación entre metodologías, fue necesario obtener la información de los expertos involucrados en el caso de estudio en mención, con objeto de utilizar la herramienta de mapas cognitivos difusos para la construcción de mapas estratégicos y comparar los resultados. La información necesaria se tomó de los anexos de la tesis de grado de Pardo et al. (2017) donde se presentan calificaciones sobre cada uno de los objetivos a ingresar en sus mapas estratégicos por parte de los 6 expertos participantes.

Se realizó la aproximación de las calificaciones otorgadas y dichas aproximaciones se encasillaron en el rango de valores descrito en la siguiente tabla.

C5																	0,8	0,5	1	0,4		0,4	0,5	0,7	0,5	4,83	
F1																											2,42
F2																											2,25
F3																											2,25
F4																											2,58
R	3,03	3,1	2,7	2,8	3,1	4,9	7,9	8,1	7,1	6,4	6,1	8,3	7,1	11	8,6	12	8,8	12	12	12	12	12	14	13			

Fuente: Elaboración propia en base a Pardo et al. (2016)

La importancia de los objetivos de forma global se obtuvo con la metodología utilizada por Dematel. La siguiente tabla muestra el nivel de influencia, nivel de relación, nivel de importancia, causa o efecto del modelo.

Tabla 18. Análisis de causalidad.

	D (Nivel de influencia)	R (Nivel de relación)	D+R (Nivel de importancia)	D-R	CAUSA O EFECTO
A1	11,78	3,03	14,81	8,75	CAUSA
A2	13,28	3,11	16,39	10,17	CAUSA
A3	11,44	2,69	14,14	8,75	CAUSA
A4	14,06	2,81	16,86	11,25	CAUSA
A5	13,83	3,14	16,97	10,69	CAUSA
P1	8,75	4,89	13,64	3,86	CAUSA
P2	8,92	7,89	16,81	1,03	CAUSA
P3	9,83	8,14	17,97	1,69	CAUSA
P4	10,08	7,06	17,14	3,03	CAUSA
P5	9,08	6,44	15,53	2,64	CAUSA
P6	8,92	6,06	14,97	2,86	CAUSA
P7	9,08	8,28	17,36	0,81	CAUSA
P8	8,92	7,11	16,03	1,81	CAUSA
C1	5,00	10,81	15,81	-5,81	EFECTO
C2	5,67	8,64	14,31	-2,97	EFECTO
C3	4,83	11,97	16,81	-7,14	EFECTO
C4	5,42	8,81	14,22	-3,39	EFECTO
C5	4,83	11,97	16,81	-7,14	EFECTO
F1	2,42	12,22	14,64	-9,81	EFECTO
F2	2,25	11,89	14,14	-9,64	EFECTO
F3	2,25	13,56	15,81	-11,31	EFECTO
F4	2,58	12,72	15,31	-10,14	EFECTO

Fuente: Elaboración propia Elaboración propia en base a Pardo et al. (2016)

Introduciendo la información obtenida en la matriz anterior al modelo de optimización propuesto en Gusek, (ver anexo 8), se realizaron 27 pruebas variando los valores de

los parámetros α , β y γ como se muestra a continuación. Los resultados obtenidos, se compararon con los obtenidos en el caso de estudio, para esto se utilizaron las iteraciones donde se trabajó con los mismos valores de los parámetros. Los resultados de manera gráfica se presentan a continuación.

Tabla 19. Validación de Parámetros.

		β_2	β_3	β_4							
		0,3	0,5	0,7							
α_1	0,2	γ_3	0,5	γ_3	0,5	γ_3	0,5				
		γ_4	0,7	γ_4	0,7	γ_4	0,7				
		γ_5	0,9	γ_5	0,9	γ_5	0,9				
α_2	0,3	γ_3	0,5	γ_3	0,5	γ_3	0,5				
		γ_4	0,7	γ_4	0,7	γ_4	0,7				
		γ_5	0,9	γ_5	0,9	γ_5	0,9				
α_3	0,5	γ_3	0,5	γ_3	0,5	γ_3	0,5				
		γ_4	0,7	γ_4	0,7	γ_4	0,7				
		γ_5	0,9	γ_5	0,9	γ_5	0,9				

		β_2	β_3	β_4							
		0,3	0,5	0,7							
α_1	0,2	γ_3	28	γ_3	53	γ_3	78				
		γ_4	29	γ_4	54	γ_4	79				
		γ_5	30	γ_5	55	γ_5	80				
α_2	0,3	γ_3	33	γ_3	58	γ_3	83				
		γ_4	34	γ_4	59	γ_4	84				
		γ_5	35	γ_5	60	γ_5	85				
α_3	0,5	γ_3	38	γ_3	63	γ_3	88				
		γ_4	39	γ_4	64	γ_4	89				
		γ_5	40	γ_5	65	γ_5	90				

Fuente: Elaboración propia en base a Pardo et al. (2016)

Las variaciones en los parámetros descritos anteriormente corresponden a los valores de los parámetros utilizados por Pardo et al. (2017) en las iteraciones 28,29,30,33,34,35,38,39,40,53,54,55,58,59,60,63,64,65,78,79,80,83,84,85,88,89,90.

Los resultados de las 27 Pruebas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 20. Pruebas del Modelo

Prueba	α	β	γ	Número de relaciones resultantes	Número de objetivos resultantes	Beneficio	Porcentaje de importancia	Porcentaje de reducción de relaciones	Porcentaje de reducción de objetivos
1	0,2	0,3	0,5	40	21	34,8	20,09%	85,96%	4,55%
2	0,2	0,3	0,7	40	20	34,88	20,14%	85,96%	9,09%
3	0,2	0,3	0,9	40	21	34,88	20,14%	85,96%	4,55%
4	0,3	0,3	0,5	62	22	51,99	30,01%	78,25%	0,00%
5	0,3	0,3	0,7	62	22	51,99	30,01%	78,25%	0,00%
6	0,3	0,3	0,9	62	22	51,99	30,01%	78,25%	0,00%
7	0,5	0,3	0,5	113	22	86,97	50,21%	60,35%	0,00%
8	0,5	0,3	0,7	113	22	86,97	50,21%	60,35%	0,00%

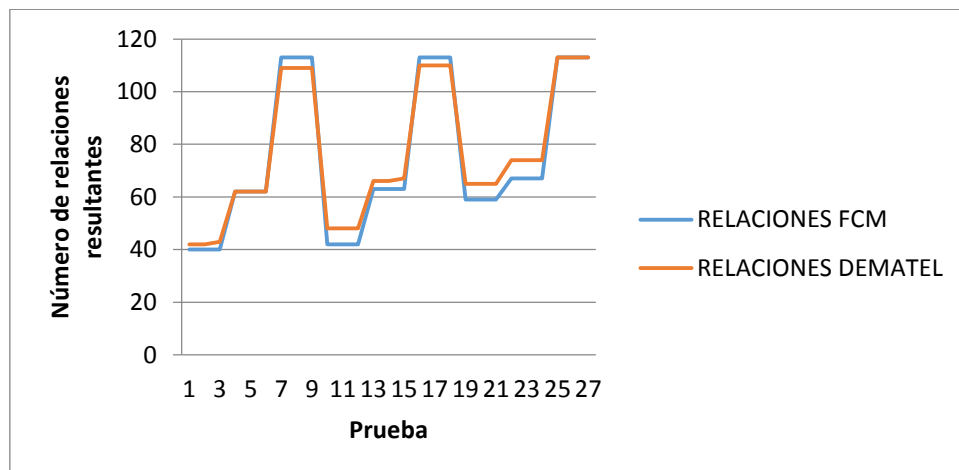
9	0,5	0,3	0,9	113	22	86,97	50,21%	60,35%	0,00%
10	0,2	0,5	0,5	42	22	34,8	20,09%	85,26%	0,00%
11	0,2	0,5	0,7	42	22	34,8	20,09%	85,26%	0,00%
12	0,2	0,5	0,9	42	22	34,8	20,09%	85,26%	0,00%
13	0,3	0,5	0,5	63	22	52,24	30,16%	77,89%	0,00%
14	0,3	0,5	0,7	63	22	52,47	30,29%	77,89%	0,00%
15	0,3	0,5	0,9	63	22	52,52	30,32%	77,89%	0,00%
16	0,5	0,5	0,5	113	22	86,97	50,21%	60,35%	0,00%
17	0,5	0,5	0,7	113	22	86,97	50,21%	60,35%	0,00%
18	0,5	0,5	0,9	113	22	86,91	50,17%	60,35%	0,00%
19	0,2	0,7	0,5	59	22	44,25	25,55%	79,30%	0,00%
20	0,2	0,7	0,7	59	22	44,47	25,67%	79,30%	0,00%
21	0,2	0,7	0,9	59	22	44,66	25,78%	79,30%	0,00%
22	0,3	0,7	0,5	67	22	52,33	30,21%	76,49%	0,00%
23	0,3	0,7	0,7	67	22	52,28	30,18%	76,49%	0,00%
24	0,3	0,7	0,9	67	22	52,25	30,16%	76,49%	0,00%
25	0,5	0,7	0,5	113	22	86,6	49,99%	60,35%	0,00%
26	0,5	0,7	0,7	113	22	86,6	49,99%	60,35%	0,00%
27	0,5	0,7	0,9	113	22	86,6	49,99%	60,35%	0,00%

Fuente: Elaboración propia Elaboración propia en base a Pardo et al. (2016)

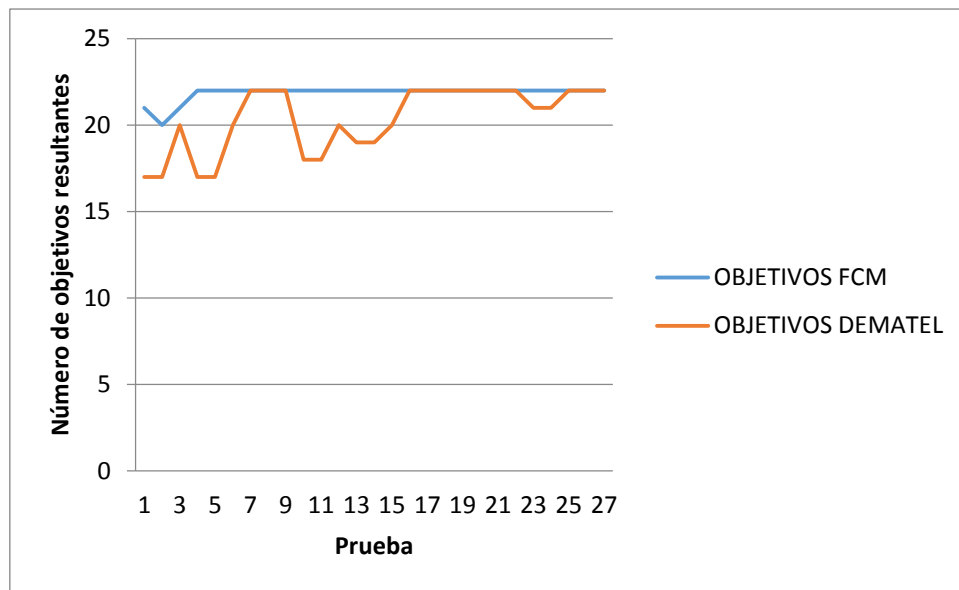
9.2.1.2 Análisis de resultados obtenidos en comparación con caso Pardo et al. (2016)

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos, anteriormente propuestos en comparación con la Metodología usada en Pardo et al. (2017), la cual a diferencia de la metodología propuesta en este proyecto, usa Dematel difuso como herramienta Muticriterio.

Gráfica 13. Comparación de Relaciones resultantes entre MCDs y Dematel difuso en caso Pardo et al (2017).



Gráfica 14. Comparación de objetivos resultantes entre MCDs y Dematel difuso en caso Pardo et al (2017).



Fuente: Elaboración propia.

De los gráficos anteriormente expuestos, es posible observar que ambas metodologías presentan un patrón de comportamiento al crecimiento a medida que aumentan α y β . Sin embargo a medida que β aumenta, va reduciendo la variación en los resultados obtenidos, por lo cual y presenta cada vez menor influencia y hace los mapas más homogéneos en función del número de objetivos resultantes.

Para valores de α bajos, la metodología de MCDs arroja menor número de interrelaciones que la metodología Dematel y para valores altos de α un mayor número de interrelaciones.

En cuanto a objetivos resultantes, también presentan un comportamiento similar al crecimiento junto con los valores de los parámetros α y β . Sin embargo en este caso la metodología que usa Dematel difuso fluctúa más.

Con los resultados obtenidos se pudo corroborar los resultados en la aplicación de ambas metodologías en el caso “Metalprest”, ya que las curvas y valores que siguen los gráficos son muy similares. De lo anterior se concluye que ambas metodologías tanto Dematel difuso y MCDs obtienen resultados muy similares y consistentes, en tanto que generan una disminución de interrelaciones menos relevantes y disminuyen la subjetividad a los gerentes a la hora de determinar cuáles objetivos e interrelaciones entre los mismos establecer en sus mapas estratégicos de un cuadro de mando integral.

En la siguiente tabla, se realiza la prueba de similitud con respecto a relaciones resultantes entre ambas metodologías para el caso de estudio. Lo anterior se realiza

con la finalidad de validar la similitud de los mapas obtenidos con ambas metodologías (Ver anexo 10).

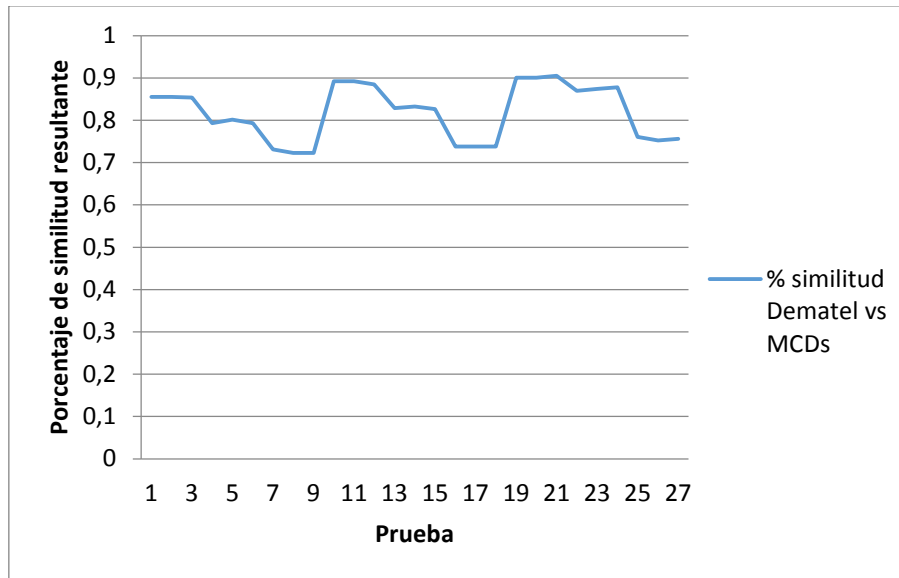
Tabla 21. Análisis de Similitud

Prueba	α	β	γ	Porcentaje similitud
1	0,2	0,3	0,5	0,8553719
2	0,2	0,3	0,7	0,8553719
3	0,2	0,3	0,9	0,85330579
4	0,3	0,3	0,5	0,79338843
5	0,3	0,3	0,7	0,80165289
6	0,3	0,3	0,9	0,79338843
7	0,5	0,3	0,5	0,73140496
8	0,5	0,3	0,7	0,7231405
9	0,5	0,3	0,9	0,7231405
10	0,2	0,5	0,5	0,89256198
11	0,2	0,5	0,7	0,89256198
12	0,2	0,5	0,9	0,88429752
13	0,3	0,5	0,5	0,8285124
14	0,3	0,5	0,7	0,83264463
15	0,3	0,5	0,9	0,82644628
16	0,5	0,5	0,5	0,73760331
17	0,5	0,5	0,7	0,73760331
18	0,5	0,5	0,9	0,73760331
19	0,2	0,7	0,5	0,90082645
20	0,2	0,7	0,7	0,90082645
21	0,2	0,7	0,9	0,90495868
22	0,3	0,7	0,5	0,86983471
23	0,3	0,7	0,7	0,87396694
24	0,3	0,7	0,9	0,87809917
25	0,5	0,7	0,5	0,76033058
26	0,5	0,7	0,7	0,75206612
27	0,5	0,7	0,9	0,75619835

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados de la tabla anterior, es posible dilucidar que, para los valores de los parámetros utilizados en las corridas realizadas, los porcentajes de similitud entre mapas oscilan entre el 70% y 90%. Lo cual indica que a pesar de variar los valores de los parámetros, los mapas en términos generales guardan un porcentaje de similitud considerable en términos de cantidad de relaciones resultantes.

Gráfica 15. Porcentaje de similitud entre Dematel y MCDs en caso Pardo et al (2017)



Fuente: Elaboración propia en base a Metal-Prest

De acuerdo con la información que se puede observar en la gráfica 15, es posible concluir que se presenta un decrecimiento de forma general, el cual se hace más marcado a medida que los valores de α y β aumentan. Esto quiere decir que la similitud en términos de relaciones entre objetivos en los mapas, disminuye a medida que se aumenta el porcentaje mínimo permitido de relaciones resultantes y que se aumenta el porcentaje mínimo de relaciones entre objetivos de perspectivas aledañas. Lo anteriormente expuesto se debe a que, al aumentar las relaciones totales entre los mapas, hay mayor posibilidad de escogencia de relaciones entre un mapa y otro y por consiguiente aumenta la probabilidad de discrepancias. Por esta razón es muy importante que los tomadores de decisiones sean expertos en las temáticas a tratar, ya que la determinación de los parámetros es clave para la obtención de mapas estratégicos efectivos que sean capaces de describir la estrategia corporativa.

9.2.2 Análisis Comparativo de la metodología propuesta y la propuesta en el Caso de estudio de López-Ospina et al. (2017).

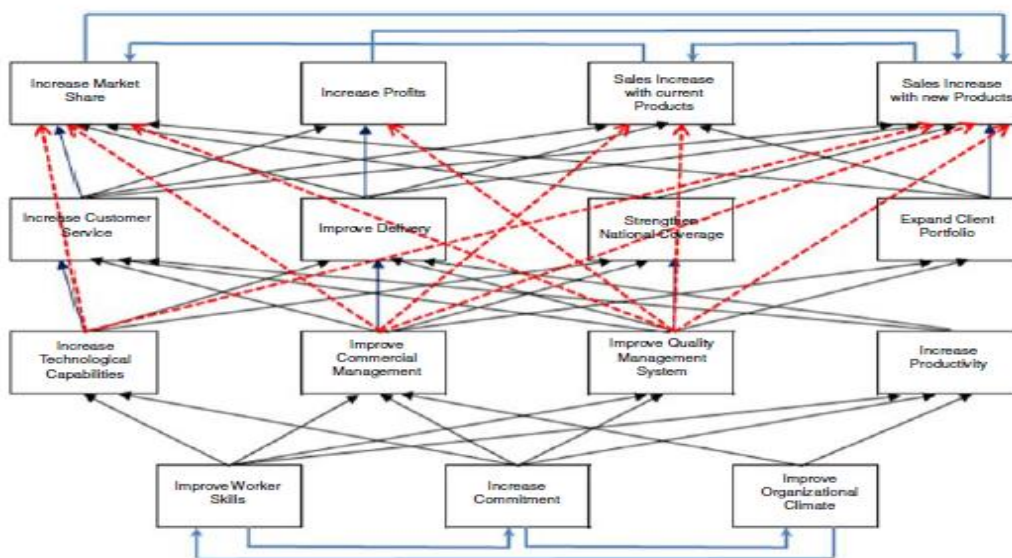
El caso de estudio en mención, también propone un modelo donde se utiliza Dematel difuso para la ponderación de relaciones entre objetivos y posteriormente un modelo de optimización para la escogencia de las mejores relaciones. Sin embargo su modelo de optimización comprende unas restricciones donde se hace obligatorio que cada objetivo que ingresa al mapa debe ser causa, pero también efecto de al menos otro objetivo. Esto obliga al mapa a tener mínimo 3 objetivos en las perspectivas de aprendizaje y crecimiento y Financiera, porque en el caso de que se tengan solo 2 o 1, el modelo se hace infactible, desde que es necesario incurrir en que un objetivo sea

causa y a la vez efecto del mismo objetivo obteniendo una relación circular, las cuales están prohibidas por otra restricción en su modelo.

Restringir mapas estratégicos a que tengan cierta cantidad de objetivos dentro de una perspectiva no es correcto, porque quienes definen los objetivos y la cantidad de objetivos a evaluar deben ser las empresas según su estrategia y no el modelo matemático a utilizar. Lo anterior alejaría de la realidad a la metodología para ciertos casos y es un objetivo de este proyecto que la metodología sea aplicable a cualquier caso de la industria y pueda generar mapas estratégicos para cualquier empresa.

Por lo anteriormente expuesto, el modelo de optimización propuesto en este proyecto solo restringe a ser causa y efecto a los objetivos enmarcados en las perspectivas de clientes y procesos internos. Esto se propuso partiendo de la premisa de Lopez-Ospina (2017) de que las perspectivas aprendizaje y crecimiento es una perspectiva generalmente causal y la de financieros es generalmente efecto

Figura 8. Mapa estratégico.



Fuente: Lopez-Ospina 2017

En la figura se puede observar como para cada objetivo dentro del mapa debe ser causado por al menos un objetivo y el, causar al menos uno. Si esta estructura se compara con los mapas (Metalprest) se puede observar que esta condición no se debe cumplir en las perspectivas aprendizaje y crecimiento y financiera, Los objetivos financieros deben ser causados por algún objetivo pero no necesariamente deben causar otro y los objetivos de aprendizaje y crecimiento deben causar al menos un objetivo pero no necesariamente deben ser causado por algún otro. El hacer necesario cumplir estas restricciones, haría infactible el modelo para la aplicación que se hizo en la empresa del sector Colombiano “Metalprest”, ya que esta solo contempla dos objetivos dentro de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

Otra diferencia entre los modelos que es pertinente describir, es que el del estudio en mención no ofrece una herramienta que permita priorizar la selección de objetivos, es decir solo es posible la inclusión de todos los objetivos estratégicos en el mapa. Con lo anterior no se permite retirar objetivos a que puedan tener poca relevancia para lograr la estrategia corporativa, obligando a ser incluidos en el mapa aunque no se contemple invertir recursos y esfuerzos en su consecución, lo que alejaría un poco de la realidad al mapa resultante.

9.3 Comparación de los resultados obtenidos con una metodología utilizada en caso de estudio relacionado a mapas cognitivos difusos.

Para realizar la comparación, verificar la robustez semejanzas y diferencias de la metodología de construcción de Mapas cognitivos Difusos del presente trabajo, se realizó un símil con la metodología de Yousef (2014).

9.3.1 Análisis Comparativo del caso de estudio de de Yousef (2014).

En el aporte de Yousef (2014), se propone una metodología que utiliza mapas cognitivos difusos para la realización de mapas estratégicos de un cuadro de mando integral. Sin embargo, la escogencia de las relaciones más importantes se hace de forma manual, por el conocimiento que tienen los expertos y tomadores de decisiones. Por otro lado, la metodología muestra como resultado un mapa estratégico donde se ven involucrados todos los objetivos estratégicos, que propusieron los expertos.

La herramienta que se propone en el presente proyecto permite realizar una escogencia mejorada de las relaciones más importantes que deben ingresar en el mapa estratégico, así como de los objetivos que deban, o no, participar en dicho mapa. Esto se logra con el componente de optimización que permite realizar variaciones entre parámetros para tomar decisiones de acuerdo con los modelos de mapas que más se ajusten a cualquier estructura organizacional.

El modelo propuesto se probó con la información de relación entre objetivos que se encuentra en el artículo de Yousef (2014) y se variaron los parámetros para ver diferentes soluciones posibles. Esta es una ventaja del modelo frente a la metodología de seleccionar a las relaciones y los objetivos de forma manual, ya que permite realizar iteraciones y simular diferentes casos, para tomar las mejores decisiones.

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad realizado para este caso. El desarrollo del modelo de optimización para el presente caso se encuentra en el (anexo 11) y los cálculos matriciales de la metodología MCDs se encuentra en el (anexo 12).

Tabla 22. Indicadores obtenidos con la metodología Yousef (2014)

Número de relaciones resultantes	Número de objetivos resultantes	Beneficio	% de importancia	% de reducción de relaciones	% de reducción de relaciones
50	23	31,54	15,04%	84,66%	0,00%

Fuente: Yousef (2014).

En la misma línea de la información anterior, la siguiente tabla muestra las 27 pruebas con sus respectivos parámetros, número de iteraciones, objetivos, beneficio, porcentaje de importancia, porcentaje de reducción de relaciones y porcentaje de reducción de objetivos.

Tabla 23. Resumen de las iteraciones obtenidas con Yousef (2014)

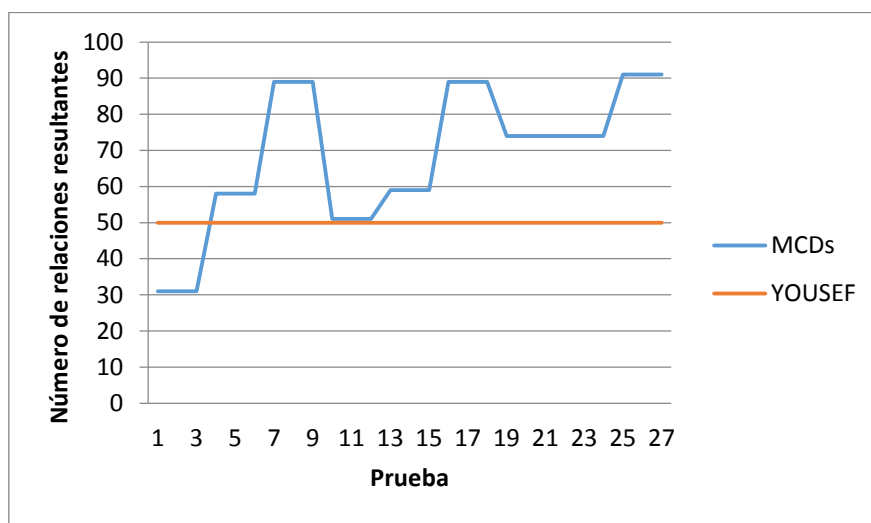
Prueba	α	β	γ	Número de relaciones resultantes	Número de objetivos resultantes	Beneficio	% de importancia	% de reducción de relaciones	% de reducción de objetivos
1	0,1	0,3	0,5	31	17	21,89	10,44%	90,49%	26,09%
2	0,1	0,3	0,7	31	18	21,63	10,32%	90,49%	21,74%
3	0,1	0,3	0,9	31	21	21,099	10,06%	90,49%	8,70%
4	0,2	0,3	0,5	58	21	42,14	20,10%	82,21%	8,70%
5	0,2	0,3	0,7	58	22	42,14	20,10%	82,21%	4,35%
6	0,2	0,3	0,9	58	22	42,14	20,10%	82,21%	4,35%
7	0,3	0,3	0,5	89	22	63,22	30,15%	72,70%	4,35%
8	0,3	0,3	0,7	89	22	63,22	30,15%	72,70%	4,35%
9	0,3	0,3	0,9	89	22	63,29	30,19%	72,70%	4,35%
10	0,1	0,5	0,5	51	20	35,17	16,77%	84,36%	13,04%
11	0,1	0,5	0,7	51	22	34,95	16,67%	84,36%	4,35%
12	0,1	0,5	0,9	51	21	35,1	16,74%	84,36%	8,70%
13	0,2	0,5	0,5	59	22	41,96	20,01%	81,90%	4,35%
14	0,2	0,5	0,7	59	22	41,96	20,01%	81,90%	4,35%
15	0,2	0,5	0,9	59	22	41,96	20,01%	81,90%	4,35%
16	0,3	0,5	0,5	89	22	63,15	30,12%	72,70%	4,35%
17	0,3	0,5	0,7	89	22	63,15	30,12%	72,70%	4,35%
18	0,3	0,5	0,9	89	22	63,15	30,12%	72,70%	4,35%
19	0,1	0,7	0,5	74	23	50,07	23,88%	77,30%	0,00%
20	0,1	0,7	0,7	74	21	49,85	23,78%	77,30%	8,70%
21	0,1	0,7	0,9	74	23	49,68	23,69%	77,30%	0,00%
22	0,2	0,7	0,5	74	22	49,5	23,61%	77,30%	4,35%
23	0,2	0,7	0,7	74	21	49,56	23,64%	77,30%	8,70%
24	0,2	0,7	0,9	74	22	50,14	23,91%	77,30%	4,35%

25	0,3	0,7	0,5	91	23	63,15	30,12%	72,09%	0,00%
26	0,3	0,7	0,7	91	23	63,15	30,12%	72,09%	0,00%
27	0,3	0,7	0,9	91	23	63,15	30,12%	72,09%	0,00%
				68,444444	21,592593	47,761815	22,78%	79,00%	6,12%

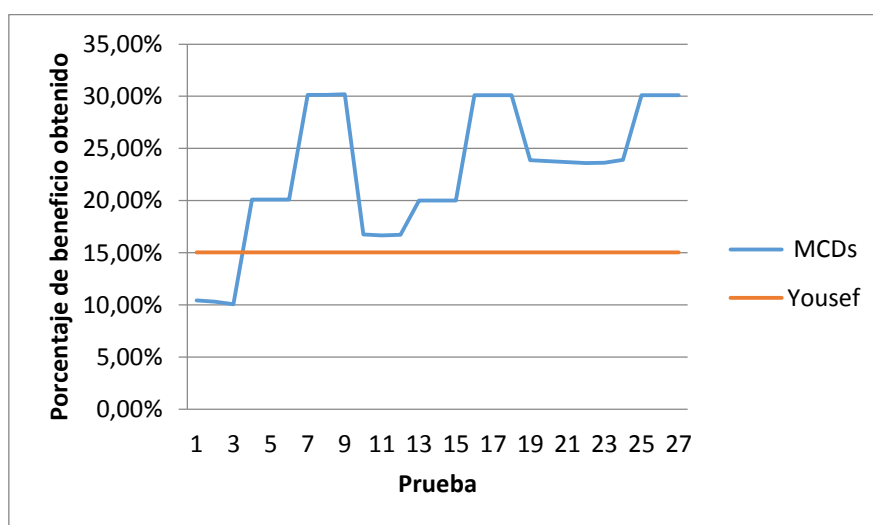
Fuente: Yousef (2014).

Para realizar una comparación más ilustrativa, la siguiente grafica muestra las relaciones resultantes, el porcentaje de beneficio y los objetivos resultantes de la metodología usada en el presente trabajo comparada con la propuesta por de Yousef (2014).

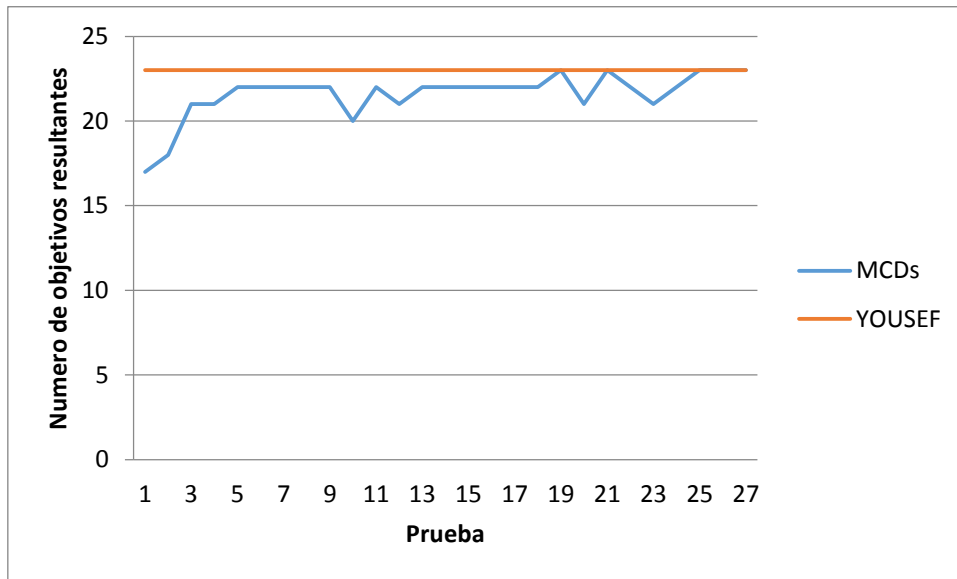
Gráfica 16. Comparación de relaciones Resultantes entre metodología propuesta y la de Yousef (2014).



Gráfica 17. Comparación de porcentaje de beneficio obtenido entre metodología propuesta y la de Yousef (2014).



Gráfica 18. Comparación de objetivos resultantes entre metodología propuesta y la de Yousef (2014).



Fuente: Elaboración propia y Yousef (2014).

De los gráficos podemos ver cómo se puede realizar pruebas y simulación cambiando parámetros para ajustar el modelo a cualquier caso de la industria. Lo anterior facilita al tomador de decisiones la escogencia de los objetivos que van a conformar el mapa, dado que le permite observar un panorama de posibilidades mucho más amplio y de esta forma tomar la decisión más conveniente.

A pesar de observar que los resultados donde las líneas se interceptan son muy similares, demostrando que aparentemente no hay mucha diferencia entre una metodología y la otra, en el gráfico de objetivos resultantes podemos observar, que la metodología propuesta está obteniendo beneficios similares y números de relaciones similares, pero con menos objetivos dentro del mapa, lo cual dependiendo del caso, podría llegar a ser una mejor solución, dado que el modelo está eliminando los objetivos con menor calificación asignada por los expertos. Lo anterior se puede observar en la iteración 10, donde el modelo propuesto obtuvo un porcentaje de importancia del 16.77%, frente al 15% obtenido por la metodología del artículo, utilizando tres objetivos menos, lo cual indica una escogencia de objetivos que considera más importantes según las ponderaciones otorgadas por los expertos.

9.4 Resumen de resultados obtenidos.

Luego de haber realizado ejercicios de comparación frente a metodologías diferentes, similares y una aplicación en un caso de la industria colombiana, se procede a resumir los resultados obtenidos, con el fin de tener mayor claridad sobre las ventajas y desventajas que la metodología propuesta logró obtener.

Tabla 22. Resumen de resultados obtenidos

Criterio	Metodología MCDs + Optimización	Metodología Fuzzy Dematel + Optimización	Observaciones
Relaciones Causa-efecto obtenidas	Obtiene relaciones causa-efecto directas	Obtiene relaciones causa – efecto tanto indirectas como indirectas	La metodología que utiliza Dematel es más completa en este aspecto al obtener relaciones directas e indirectas.
Determinación de relaciones Causa - efecto	El tomador de decisiones debe diligenciar un vector con la importancia global por cada concepto	El tomador de decisiones debe diligenciar una matriz con la importancia de cada par de relaciones posibles entre conceptos	La metodología de MCDs requiere un menor tiempo y es más sencilla de diligenciar para el experto, obteniendo resultados similares a la que utiliza Dematel.
No. De relaciones Resultantes	La metodología logró realizar una reducción de relaciones promedio del 73%, que es un porcentaje importante dependiendo de la variación de los parámetros.	La metodología logró realizar una reducción de relaciones promedio del 75%, que es un porcentaje importante dependiendo de la variación de los parámetros.	De forma general ambas metodologías consiguen un porcentaje de reducción de relaciones importante, con muy poca diferencia.
No. De objetivos resultantes	La metodología logró realizar una reducción de objetivos promedio del 10%, que es un porcentaje importante dependiendo de la variación de los parámetros.	La metodología logró realizar una reducción de objetivos promedio del 10%, que es un porcentaje importante dependiendo de la variación de los parámetros.	De forma general la metodología que utiliza MCDs reduce en menor proporción el número de objetivos. Este factor es muy determinante, ya que al reducir más objetivos, la metodología que usa Dematel genera mapas con relaciones concentradas en pocos objetivos, mientras que la que utiliza FCMs presenta mapas con una distribución de relaciones más coherente.
% de similitud de los mapas frente a variaciones de los parámetros	De forma general los mapas resultantes presentan un porcentaje de similitud importante, mucho más marcado para variaciones sutiles de los parámetros.	De forma general los mapas resultantes presentan un porcentaje de similitud importante, mucho más marcado para variaciones sutiles de los parámetros.	Ambas metodologías presentan % de similitud entre mapas muy cercanos, por lo cual es indiferente la escogencia de una metodología para la consecución de este aspecto.
Coherencia de	En el ejercicio realizado en la empresa del sector metalmecánico, los tomadores de decisiones		

descripción de estrategia	determinaron que los mapas obtenidos con la metodología que utiliza MCDs describen de manera más coherente la estrategia de su negocio. Lo anterior lo determinaron debido a que dicha metodología realiza una menor reducción de objetivos, eliminando solamente los menos relevantes y obteniendo de esta forma relaciones entre objetivos más lógicas de acuerdo a su negocio frente a los mapas obtenidos con la metodología que utiliza Dematel.
Método para escogencia de relaciones causa – efecto y objetivos.	Se determinó que la utilización de optimización para priorización de objetivos a participar en los mapas y relaciones entre pares de objetivos, permite realizar ejercicios de simulación de forma más fácil frente a otras alternativas como el criterio de expertos o valores de umbral como se utilizan en Yousef (2014). Y Wu (2012). Además el modelo de optimización propuesto en el presente proyecto, logra la descripción de estrategias más coherentes que el propuesto en Lopez- Ospina et al. (2017) desde que define a las perspectivas Aprendizaje y crecimiento como una perspectiva generalmente causa y a la financiera como una perspectiva generalmente efecto.

Fuente: Elaboración propia

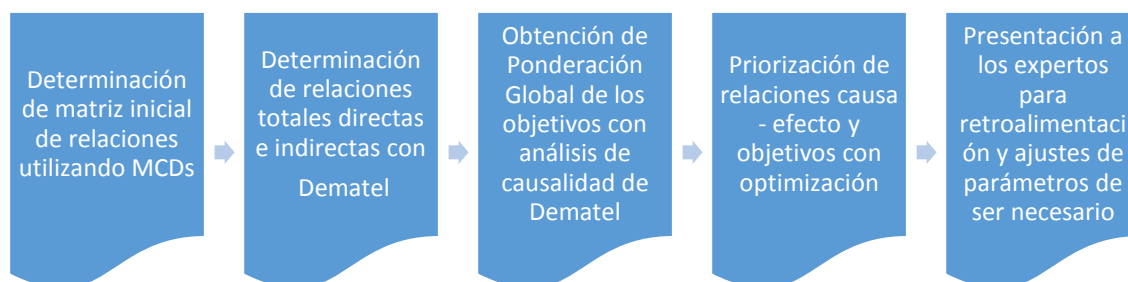
9.5 Propuesta de una mejor metodología basada en el análisis de resultados obtenidos

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el ejercicio de someter la metodología propuesta en este proyecto a contraste con otras metodologías utilizadas en la literatura, se evidenciaron algunas ventajas y desventajas. Algunas ventajas son mayor facilidad y menor tiempo en la obtención de información por parte de los expertos y una reducción de objetivos más consistente y coherente y desventajas como ofrecer solamente relaciones directas entre conceptos.

Con ánimos de aprovechar las ventajas que ofrece la metodología propuesta en este proyecto, pero también aprovechar las ventajas que ofrece la metodología que utiliza Dematel, se propone como trabajo futuro la generación de una metodología híbrida entre MCDs y Dematel. Dicha metodología utilizará los MCDs para la consecución de la matriz de relaciones iniciales y posteriormente la metodología Dematel para determinar las relaciones totales tanto directas como indirectas, así como las ponderaciones globales de los objetivos. Lo anterior podría ofrecer a los tomadores de decisiones una metodología para la construcción de mapas estratégicos más fácil de utilizar, pero con mejores resultados.

La metodología híbrida que se propone estaría conformada por el siguiente flujo de actividades.

Figura 9. Flujo de actividades metodología híbrida propuesta.



Fuente: Elaboración propia

Para determinar si vale la pena realizar estudios futuros sobre esta metodología, se debe realizar un experimento comparativo en cuanto a algunos criterios importantes frente a la metodología que utiliza MCDs y la que utiliza Dematel. De esta forma se puede constatar si se generan algunas mejoras a las desventajas de cada técnica multicriterio.

Para lo anteriormente expuesto se aplicó la metodología híbrida en mención al caso de “Metalprest”, donde se obtuvieron resultados frente a los indicadores de cantidad de relaciones resultantes, reducción de objetivos y porcentaje de beneficio obtenido. Los cálculos matriciales de la metodología se encuentran en el (anexo 13) y el desarrollo en Gusek del modelo matemático se encuentra en el (anexo 14). Los resultados de esta aplicación se muestran a continuación.

Tabla 23. Resultado de pruebas con metodología híbrida entre MCDs y Dematel en Metalprest

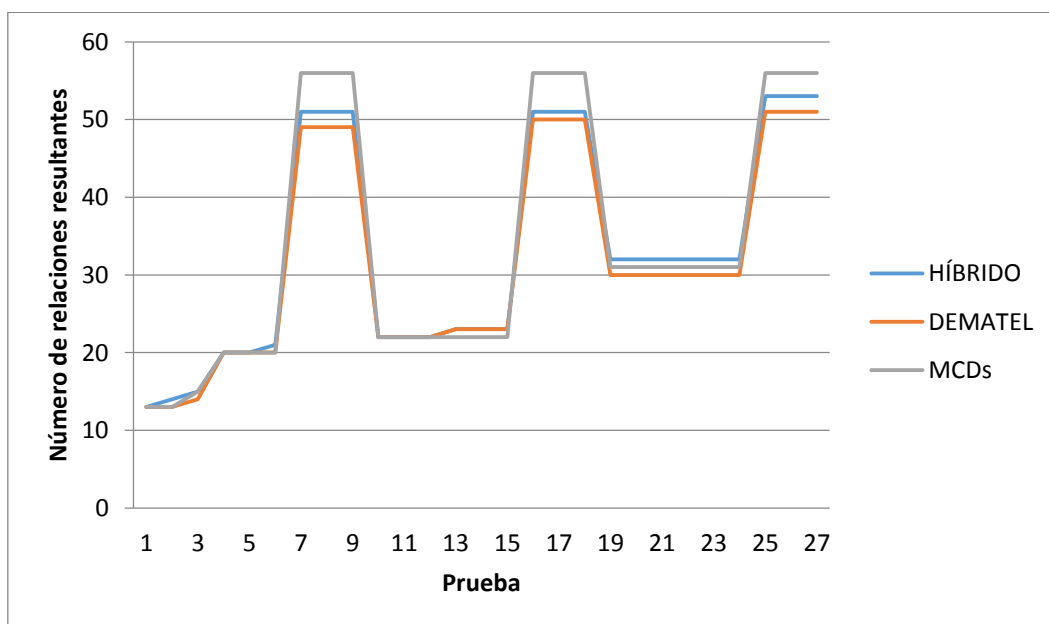
Prueba	α	β	γ	Número de relaciones resultantes	Número de objetivos resultantes	Beneficio	% de importancia	% de reducción de relaciones	% de reducción de objetivos
1	0,1	0,3	0,5	13	9	1,76	12,21%	89,84%	40,00%
2	0,1	0,3	0,7	13	11	1,68	11,65%	89,84%	26,67%
3	0,1	0,3	0,9	15	14	1,87	12,97%	88,28%	6,67%
4	0,2	0,3	0,5	20	11	2,98	20,67%	84,38%	26,67%
5	0,2	0,3	0,7	20	11	3,02	20,94%	84,38%	26,67%
6	0,2	0,3	0,9	20	14	2,95	20,46%	84,38%	6,67%
7	0,5	0,3	0,5	50	15	7,2	49,93%	60,94%	0,00%
8	0,5	0,3	0,7	50	15	7,2	49,93%	60,94%	0,00%
9	0,5	0,3	0,9	50	15	7,21	50,00%	60,94%	0,00%

10	0,1	0,5	0,5	22	12	2,81	19,49%	82,81%	20,00%
11	0,1	0,5	0,7	22	12	2,84	19,69%	82,81%	20,00%
12	0,1	0,5	0,9	22	14	2,81	19,49%	82,81%	6,67%
13	0,2	0,5	0,5	22	12	2,892	20,06%	82,81%	20,00%
14	0,2	0,5	0,7	22	12	2,89	20,04%	82,81%	20,00%
15	0,2	0,5	0,9	23	14	2,94	20,39%	82,03%	6,67%
16	0,5	0,5	0,5	51	15	7,31	50,69%	60,16%	0,00%
17	0,5	0,5	0,7	51	15	7,31	50,69%	60,16%	0,00%
18	0,5	0,5	0,9	51	15	7,29	50,55%	60,16%	0,00%
19	0,1	0,7	0,5	31	14	3,8	26,35%	75,78%	6,67%
20	0,1	0,7	0,7	31	14	3,82	26,49%	75,78%	6,67%
21	0,1	0,7	0,9	31	14	3,83	26,56%	75,78%	6,67%
22	0,2	0,7	0,5	31	14	3,78	26,21%	75,78%	6,67%
23	0,2	0,7	0,7	31	14	3,87	26,84%	75,78%	6,67%
24	0,2	0,7	0,9	31	14	3,87	26,84%	75,78%	6,67%
25	0,5	0,7	0,5	52	15	7,3	50,62%	59,38%	0,00%
26	0,5	0,7	0,7	52	15	7,24	50,21%	59,38%	0,00%
27	0,5	0,7	0,9	52	15	7,26	50,35%	59,38%	0,00%
				32,555556	13,518519	4,4345185	30,75%	74,57%	9,88%

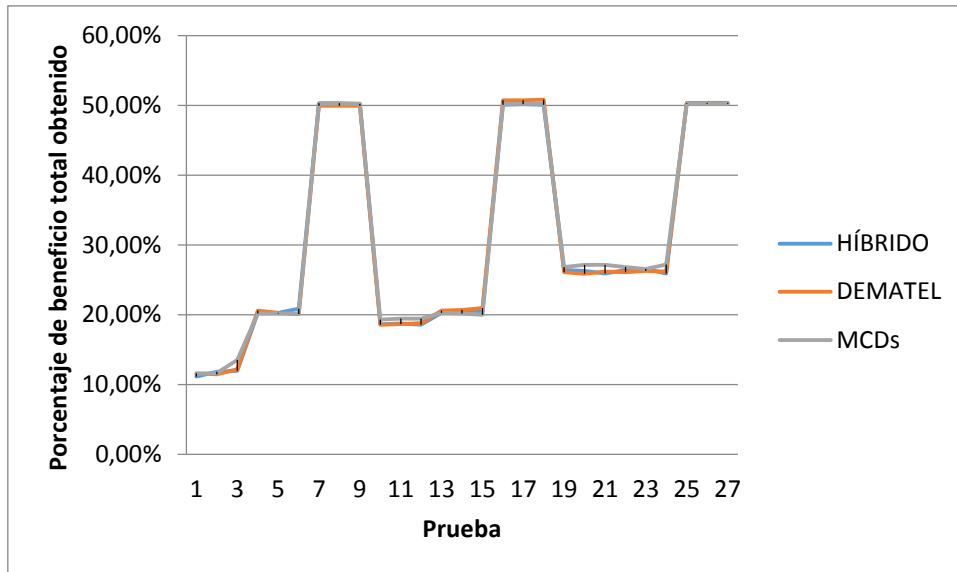
Fuente: Elaboración propia

Los resultados antes expuestos, fueron graficados en contraste con los obtenidos con las otras dos metodologías para poder realizar una comparación y los resultados son los que se muestran en las siguientes Graficas.

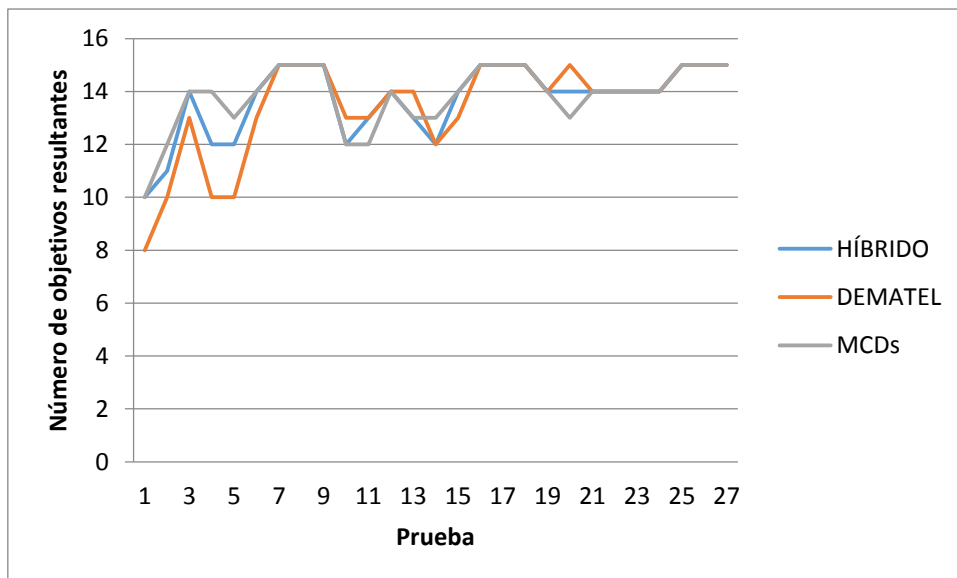
Gráfica 16. Gráfico de número de relaciones resultantes, para las tres metodologías.



Gráfica 20 Gráfico de porcentaje de beneficio obtenido para las tres metodologías.



Gráfica 21. Gráfico objetivos resultantes para las tres metodologías.



Del gráfico de relaciones resultantes, podemos observar que la metodología que fusiona MCDs con Dematel se encuentra en el punto medio, aun genera más relaciones que la que utiliza Dematel pero mejoró frente a la de MCDs porque genera menos relaciones.

Del gráfico de % de beneficio obtenido, podemos concluir que todas las metodologías obtienen un % de beneficio similar, por lo cual en este aspecto cualquier metodología funciona y comprobamos que la técnica híbrida que se propone arroja buenos resultados.

Finalmente en el gráfico de objetivos resultantes, nuevamente se observa que la metodología que fusiona MCDs y Dematel se encuentra en el punto medio, reduciendo menos objetivos que los que reduce la metodología que usa Dematel y reduciendo más objetivos que los que elimina la de MCDs.

Del análisis anterior podemos concluir que sería muy importante seguir realizando estudios sobre esta metodología híbrida propuesta, ya que se obtuvieron mejorías en cuanto a los resultados obtenidos de la utilización de MCDs y Dematel de forma individual. Sin embargo para comprobar que los resultados son fiables es necesario someterlos al juicio de los expertos y realizar más pruebas para constatar la validez del modelo.

Restricciones

La principal limitación de la metodología propuesta es enfrentarse a la subjetividad de los juicios emitidos por los tomadores de decisiones, dado que el emitir juicios errados, puede repercutir en que el modelo ofrezca mapas con relaciones que no esbocen de forma clara la estratégica corporativa. Por lo anterior es importante trabajar en desarrollar cada vez más metodologías amigables y fáciles de comprender a los tomadores de decisiones que disminuyan la subjetividad de las decisiones complejas que supone la planeación estratégica.

Otra restricción importante, es el tiempo, elemento valioso para los tomadores de decisiones de las compañías. Por lo anterior es de suma importancia desarrollar metodologías que hagan eficiente la consecución de información por parte de los expertos, ya que el factor tiempo puede determinar la disposición para utilizar la técnica por los tomadores de decisiones.

10. CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto fue posible establecer una metodología para la elaboración de mapas estratégicos corporativos, capaz de desarrollarse en diferentes modelos organizacionales. La metodología apoya a los procesos de planeación estratégica, desde que facilita la escogencia de las mejores relaciones causa-efecto posibles de un mapa estratégico y la priorización de los objetivos más importantes para la estrategia de la compañía. Lo anterior se consigue mediante el uso del método de análisis multicriterio mapas cognitivos difusos, que se encarga de realizar la ponderación de los objetivos y sus relaciones causa-efecto, información que es utilizada como insumo para un modelo de optimización que realiza la escogencia de las relaciones y objetivos mejor calificados por el grupo de expertos participantes en la toma de decisiones corporativas.

La validez de los aportes de la metodología propuesta, fueron confirmados realizando experimentos comparativos con casos donde se usó la misma herramienta multicriterio MCDs en diferentes escenarios, como Rodríguez - Repiso et al. (2007) y Yousef (2014). Este objetivo también se cumplió realizando análisis de sensibilidad al modelo y comparando los resultados con los de otras metodologías de diferentes publicaciones en la literatura relevante como Lopez-Ospina et al. (2017) Y Pardo et al. (2017). De las pruebas realizadas, la herramienta propuesta obtuvo altos porcentajes de similitud frente a metodologías exitosas, así como mejores resultados en algunos aspectos. Algunos de los aspectos donde la metodología presentó mejores resultados fueron la capacidad de modelar mapas estratégicos de estructuras no jerárquicas, desventaja de la utilización de la herramienta AHP, disminución de la subjetividad de las complejas decisiones de escogencia de relaciones causales, gracias al aporte de la optimización y capacidad de adaptarse a diferentes modelos organizacionales gracias a mejoras que se hicieron al modelo de optimización frente a algunos utilizados en la literatura.

Adicionalmente a los aportes mencionados líneas arriba, es importante resaltar que el aporte más importante que la metodología ofrece, es la facilidad para la obtención de la información. Lo anterior se debe a que con la metodología propuesta, los tomadores de decisiones solo deben diligenciar un vector con las importancias globales de cada objetivo, mientras que con Dematel por ejemplo, deben diligenciar una matriz con la importancia para cada relación entre pares de objetivos, logrando una disminución de aproximadamente el 80% de los juicios que los tomadores de decisiones deben emitir durante el desarrollo de la metodología.

El aporte que hace la metodología propuesta a la planeación estratégica, también se pudo comprobar mediante la aplicación de la misma en un caso de construcción de mapa estratégico en una empresa del sector metalmecánico de la costa Atlántica de Colombia. De esta aplicación se confirmó la utilidad de la posibilidad de realizar simulaciones variando parámetros del modelo, ofreciendo a los directivos de la compañía diferentes mapas resultantes, permitiéndoles escoger el que según su experticia divulgara mejor la estrategia de su negocio. Los tomadores de decisiones

dieron un concepto positivo del mapa obtenido, argumentando la obtención de relaciones lógicas y la reducción de objetivos menos importantes, pudiendo de esta manera enfocar los recursos limitados a la consecución de objetivos relevantes interrelacionados en todas las perspectivas de la empresa y alcanzando finalmente las metas financieras.

11. RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Es pertinente recomendar que se incluyan aspectos relacionados a las restricciones económicas para el desarrollo de algunos objetivos estratégicos de las compañías, dentro de la metodología propuesta. Lo anterior lograría aterrizar la metodología un poco más a la realidad de las empresas y proporcionar mapas estratégicos que contengan estrategias que se puedan cumplir de acuerdo al presupuesto de cada unidad de negocio.

Es importante realizar más trabajos comparativos de la metodología sugerida, frente a otras que utilicen distintas técnicas para la ponderación de interrelaciones y objetivos. Las comparaciones deberían hacerse no solamente con técnicas que utilicen herramientas de análisis multicriterio, con el fin de seguir encontrando elementos que puedan potenciar y permitir desarrollar una propuesta que supere las falencias de cada metodología y potencie las ventajas de las mismas. Con lo anterior se podría ofrecer a la planeación estratégica más apoyo en la toma de decisiones complejas como la selección de relaciones causa-efecto en mapas estratégicos de un cuadro de mando integral.

Se debe revisar la creación de una prueba de similitud diferente, ya que la utilizada en este proyecto es en términos de número de relaciones resultantes. Es pertinente realizar una prueba de similitud relacionada a la determinación del parentesco de los mapas respecto a solamente las relaciones escogidas, que no tenga en cuenta las relaciones que no resultan dentro del mapa. Lo anterior con el fin de constatar no solamente si el número de relaciones resultantes es similar, si no también si la coherencia de las relaciones resultantes es parecida o los mapas obtenidos en diferentes escenarios de prueba no guardan ninguna congruencia.

Es muy pertinente continuar con el estudio de la metodología híbrida propuesta entre MCDs y Dematel, ya que esta potencia las ventajas de cada herramienta de análisis multicriterio. Con lo anterior se puede seguir avanzando en la construcción de metodologías que realicen cada vez mejores aportes a la planeación estratégica corporativa.

Glosario

1. **Balanced scorecard:** Es el cuadro o tablero de mando integral. Es una herramienta de evaluación del desempeño corporativo, introducida por Kaplan y Norton para involucrar otros aspectos relevantes de las compañías además del financiero, en la medición del desempeño y divulgación de la estrategia corporativa.
2. **Herramientas de medición del desempeño:** Puede ser definido como un grupo de medidas usadas para cuantificar la eficiencia y la efectividad de las acciones (Neely et al 2005).
3. **Toma de decisiones multicriterio:** Busca tomar decisiones en el aspecto de criterios múltiples y que se encuentran en conflicto (Dodangeh et al 2010).
4. **Mapas cognitivos difusos:** Los mapas cognitivos difusos son estructuras graficas difusas que representan razonamiento causal. Su característica difusa, permite grados confusos de causalidad entre objetos causales confusos” (KOSKO 1986).
5. **KPI indicadores clave de desempeño:** son medidas que se utilizan en los negocios, para evaluar factores cruciales en el éxito de la organización (SearchCRM 2015).
6. **Proceso Analítico Jerárquico: (Analytic Hierarchy Process, AHP),** se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión con criterios múltiples, se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados (Saaty 1980)

Abreviaturas

- KPI: Key performances indicator, en español indicadores clave de desempeño.
- FCMs: Fuzzy cognitive maps, en español mapas cognitivos difusos
- BSC: Balanced scorecard, en español cuadro de mando integral.
- AHP, ANP, VIKOR, DEMATEL, ELECTRE: Todos estos son metodologías para el análisis multicriterio.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdollah Heydariyeh, Seyed & Javidnia, Mojtaba & Mehdiabadi, Amir. (2012). A new approach to analyze strategy map using an integrated BSC and FUZZY DEMATEL. *Management Science Letters*. 2. 161-170. [10.5267/j.msl.2011.09.009](https://doi.org/10.5267/j.msl.2011.09.009).
2. Abernethy, M. A., Horne, M., Lillis, A. M., Malina, M. A., & Selto, F. H. (2005). A multi-method approach to building causal performance maps from expert knowledge. *Management Accounting Research*, 16(2), 135–155. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2005.03.003>
3. Antonsen, Y. (2014). The downside of the Balanced Scorecard: A case study from Norway. *Scandinavian Journal of Management*, 30(1), 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2013.08.001>

4. Ardekani, S. S., & Sharifabadi, A. M. (2013). Comprehensive Performance Evaluation Using FAHP- FVIKOR Approach Based on Balanced Scorecard (BSC): A Case of Yazd ' s Ceramic and Tile Industry. *Iranian Journal of Management Studies*, 6(2), 81–104.
5. Baykasoğlu, A., & Gölcük, I. (2015). Development of a novel multiple-attribute decision making model via fuzzy cognitive maps and hierarchical fuzzy TOPSIS. *Information Sciences*, 301, 75–98. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.12.048>
6. Bougon, M., Weick, K., & Binkhorst, D. (1977). Cognition in Organizations: An Analysis of the Utrecht Jazz Orchestra. *Administrative Science Quarterly*, 22(4), 606. <https://doi.org/10.2307/2392403>
7. Buytendijk, F. (2008). *Performance leadership: The next practices to motivate your people, align stakeholders, and lead your industry*. McGraw Hill Professional.
8. Calantone, Roger & Di Benedetto, Anthony & Schmidt, Jeffrey. (2006). Using the Analytic Hierarchy Process in New Product Screening. *Journal of Product Innovation Management*. 16. 10.1016/S0737-6782(98)00036-8.
9. Chytas, P., Glykas, M., & Valiris, G. (2011). A proactive balanced scorecard. *International Journal of Information Management*, 31(5), 460–468. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.12.007>
10. Coe, N., & Letza, S. (2014). Two decades of the balanced scorecard: A review of developments. *Poznań University of Economics Review*, 14(1).
11. D. Miller, Kent & Waller, H.Gregory. (2003). Scenarios, Real Options and Integrated Risk Management. *Long Range Planning*. 36. 93-107. 10.1016/S0024-6301(02)00205-4.
12. Daniel, Jay & Mojahed, M & Nasehifar, V. (2010). Ranking of Strategic Plans in Balanced Scorecard by Using Electre Method. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. 1. 269-274.
13. Dodangeh, J., Yusuff, R. M., & Jassbi, J.. (2010). Using Topsis Method with Goal Programming for Best selection of Strategic Plans in BSC Model. *Journal of American Science*. 6. 136-142.
14. Fontela, E., & Gabus, A. *The DEMATEL Observer*. 1976. Battelle Institute, Geneva Research Center
15. García Cascales, M. S. (2009). Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión SAD y “Soft Computing. *Universidad politécnica de Cartagena, Departamento de Electrónica, Tecnología de ,Computadoras y Proyectos*; doi: 10.31428/10317/1022
16. Glykas, Michael. (2013). Fuzzy Cognitive Strategic Maps in Business Process Performance Measurement. *Expert Systems with Applications*. 40. 1–14. 10.1016/j.eswa.2012.01.078.
17. González González, P. (2009). La Integración Del Balanced Scorecard (Bsc) Y El Analytic Hierarchy Process (Ahp) Para Efectos De Jerarquizar Medidas De Desempeño Y Toma De Decisión En Una Institución Financiera. *Revista Universo Contábil*, 87–105. <https://doi.org/10.4270/ruc.2009215>
18. Huang, Hao-Chen. (2009). Designing a knowledge-based system for strategic planning: A balanced scorecard perspective. *Expert Syst. Appl.*. 36. 209-218. 10.1016/j.eswa.2007.09.046.

19. Jassbi, Javad & Mohamadnejad, Farshid & Nasrollahzadeh, Hossein. (2011). A Fuzzy DEMATEL framework for modeling cause and effect relationships of strategy map. *Expert Syst. Appl.*. 38. 5967-5973. 10.1016/j.eswa.2010.11.026.
20. Kaplan, R. S. E Norton D. P. (1997), *A estratégia em ação: balanced scorecard*, 19ª edição, Tradução de Luiz Euclides Trindade Frazão Filho, Rio de Janeiro, Elsevier.
21. Kaplan, R.S., Norton, D., 1996b. *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business School Press, Boston.
22. Kaplan, R.S., Norton, D., 2006. *Alignment; Using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies*. Harvard Business School Press, Boston.
23. Kaplan, R.S., Norton, P., 1996a, *Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System*, *Harvard Business Review*, 74 (1), pp. 75–85.
24. Kaplan, Robert & Norton, D.P.. (2001). *Transforming the Balanced Scorecard From Performance Measurement to Strategic Management: Part II*. *Accounting Horizons*. 15. 147-160. 10.2308/acch.2001.15.2.147.
25. Kaplan, Robert & P Norton, David. (2008). *Mastering the management system*. *Harvard business review*. 86. 62-77, 136.
26. Kaplan, Robert & P. Norton, David. (1993). *Putting the Balanced Scorecard to Work*. *Harvard Business Review*. 71. 10.1016/B978-0-7506-7009-8.50023-9.
27. Kaplan, Robert & P. Norton, David. (2000). *Having Trouble with Your Strategy? Then Map It*. *Harvard business review*. 78. 167-76, 202.
28. Kosko, B. (1985). *Adaptive inference*, monograph. Verac Inc. Technical Report.
29. Kosko, B. (1986). *Fuzzy cognitive maps*. *International Journal of man-machine studies*, 24(1), 65-75.
30. Leung, L. C., Lam, K. C., & Cao, D. (2006). *Implementing the balanced scorecard using the analytic hierarchy process & the analytic network process*. *Journal of the Operational Research Society*, 57(6), 682-691.
31. Lin, C. L., & Wu, W. W. (2004). *A fuzzy extension of the DEMATEL method for group decision making*. *European Journal of Operational Research*, 156(1), 445-455.
32. Lind, Johnny & Kraus, Kalle. (2010). *The Impact of the Corporate Balanced Scorecard on Corporate Control – A Research Note*. *Management Accounting Research*. 21(4). 10.1016/j.mar.2010.08.001.
33. López-Ospina, H., Quezada, L. E., Barros-Castro, R. A., Gonzalez, M. A., & Palominos, P. I. (2017). *A method for designing strategy maps using DEMATEL and linear programming*. *Management Decision*, 55(8), 1802-1823.
34. Malmi, Teemu. (2001). *Balanced Scorecards in Finnish Companies: A Research Note*. *Management Accounting Research*. 12. 207-220. 10.1006/mare.2000.0154.
35. Nilsen, E. A. (2007). *Oversettelsens mikroprosesser: om å forstå møtet mellom en global idé og lokal praksis som dekontekstualisering, kontekstualisering og nettverksbygging*.
36. Norreklit, Hanne. (2003). *The Balanced Scorecard: What is the Score? A Rhetorical Analysis of the Balanced Scorecard*. *Accounting, Organizations and Society*. 28. 591-619. 10.1016/S0361-3682(02)00097-1.
37. Oleyaei-Motlagh, Seyyed Yousef. (2014). *Causality analysis of the technology strategy maps using the fuzzy cognitive strategy map*. *African Journal of Business Management*. 8. 191-210. 10.5897/AJBM2014.7345.

38. Othman Rozhan, (2008) "Enhancing the effectiveness of the balanced scorecard with scenario planning", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 57 Issue: 3, pp.259-266, <https://doi.org/10.1108/17410400810857266>
39. Papageorgiou, E. I. (2011). A new methodology for Decisions in Medical Informatics using fuzzy cognitive maps based on fuzzy rule-extraction techniques. *Applied Soft Computing Journal*, 11(1), 500–513. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.12.010>
40. Papageorgiou, Elpiniki & Salmeron, Jose. (2013). A Review of Fuzzy Cognitive Maps Research During the Last Decade. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 21. 10.1109/TFUZZ.2012.2201727.
41. Papageorgiou, Elpiniki & Spyridonos, Panagiota & Stylios, Chrysostomos & Ravazoula, Panagiota & Groumpos, Peter & Nikiforidis, George. (2006). Advanced soft computing diagnosis method for tumour grading. *Artificial Intelligence in Medicine*. 36. 59-70. 10.1016/j.artmed.2005.04.001.
42. Papageorgiou, Elpiniki & Stylios, Chrysostomos & Groumpos, Peter. (2008). The Soft Computing Technique of Fuzzy Cognitive Maps for Decision Making in Radiotherapy. 173-212. 10.1201/9781420012088.ch6.
43. Pardo Mora, D., Rojas Patarroyo, N. A., López Ospina, H. A., & Barros Castro, R. A. (2017). Construcción del mapa estratégico del BSC por medio de métodos MCDM: caso aplicado a instituciones educativas. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial
44. Phelan, S. E., & Wigan, M. R. (1995, April). Using simulation for theory generation in strategic management. In *2nd Australasian Conference in Strategic Management*, Melbourne.
45. Porter, M. E. (1991). Capital disadvantage: America's failing capital investment system. *Harvard business review*, 70(5), 65-82.
46. Porter, M. E. (2002). What is strategy? *Strategy for business: A reader*, 625
47. Quezada, L., & Quintero, D. (2011). Quantitative model for the design of a strategy map. In *Proceedings of the 21th International Conference on Production Research*, Stuttgart, Germany (Vol. 31).
48. Quezada, Luis & López-Ospina, Héctor. (2014). A method for designing a strategy map using AHP and linear programming. *International Journal of Production Economics*. 158. 244–255. 10.1016/j.ijpe.2014.08.008.
49. Quezada, Luis & Palominos, Pedro & Gallleguillos, Rosa & H. Olmedo, Alexis. (2014). A method for generating strategy maps using ANP. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 25. 1090-1104. 10.1108/JMTM-06-2014-0081.
50. Rappaport, A. (2006). Ten ways to create shareholder value. *Harvard Business Review*, 84(9), 66-77.
51. Reisinger, H., Cravens, K. S., & Tell, N. (2003). Prioritizing performance measures within the balanced scorecard framework. *MIR: Management International Review*, 429-437
52. Richard Hackman, J & Wageman, R. (2004). When and How Team Leaders Matter. *Research in Organizational Behavior - RES ORGAN BEH*. 26. 37-74. 10.1016/S0191-3085(04)26002-6.

53. Rodríguez Repiso, Luis & Setchi, Rossi & Salmeron, Jose. (2007). Modelling IT projects success with Fuzzy Cognitive Maps. *Expert Syst. Appl.* 32. 543-559. [10.1016/j.eswa.2006.01.032](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.01.032).
54. Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill International, Translated to Russian, Portuguese and Chinese, Revised edition, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.
55. Saaty, T. L. (1996). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytical Network Process*, vol. 9 of *Analytic Hierarchy Process*.
56. Saraiva, H. I. B. (2011). The balanced scorecard: the evolution of the concept and its effects on change in organizational management. *EBS REVIEW*, 53.
57. Schneider, Moti & Shnaider, Eli & Kandel, A & Chew, G. (1998). Automatic construction of FCMs. *Fuzzy Sets and Systems*. 93. 161-172. [10.1016/S0165-0114\(96\)00218-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00218-7).
58. Sokar, I.Y. & Yusoff Jamaluddin, M & Abdullah, M & Khalifa, Z.A.. (2011). KPIs target adjustment based on trade-off evaluation using fuzzy cognitive maps. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5. 2048-2053.
59. Speckbacher, G., Bischof, J., Pfeiffer, T., 2003. A descriptive analysis on the implementation of balanced scorecards in German-speaking countries. *Manage. Account. Res.* 14, 361–387.
60. Sumrit, D., & Anuntavoranich, P. (2013). Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in Thai technology-based firms. *Int. Trans.J. Eng., Manage., Appl. Sci. Technol*,4(2), 81-103.
61. Tseng, M. L. (2010). Implementation and performance evaluation using the fuzzy network balanced scorecard. *Computers & Education*, 55(1), 188-201.
62. Van Vliet, M., Kok, K., & Veldkamp, T. (2010). Linking stakeholders and modellers in scenario studies: The use of Fuzzy Cognitive Maps as a communication and learning tool. *Futures*, 42(1), 1-14.
63. Voelpel, S. C., Leibold, M., & Eckhoff, R. A. (2006). The tyranny of the Balanced Scorecard in the innovation economy. *Journal of Intellectual Capital*,7(1), 43-60.
64. Wu, H. Y. (2012). Constructing a strategy map for banking institutions with key performance indicators of the balanced scorecard. *Evaluation and Program Planning*, 35(3), 303-320.
65. Zadeh, A. (1965). Fuzzy S e t s. *Information and Control*, 8, 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
66. Zenger, T. (2013). What is the theory of your firm?. *Harvard business review*,91(6), 72-78.

13. ANEXOS

Tabla 24. Anexos.

Nº	Anexo	Enlace
1	Cálculos MCDs Aplicado a Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1FDNoFNvWfLzD-AFjX6XpDAsU8IPImXn
2	Gusek MCDs Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1112mE-hljBxj80Wma0hVE0NsXWr92V_V
3	Indicador de similitud vs prueba base MCDs Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1XYZsraTs4ZsCh3_ywRY27xOhqDpJOEpc
4	Calculos Dematel Metalprest	https://drive.google.com/open?id=19yN9T0eh9J0Tp5lv9IWkn0uC19LsxLDx
5	Gusek Dematel Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1jMj_H6z5MtSbAliLiOoeLmo9L3U2dJ1Q
6	Indicador de similitud Entre metodologías MCDs vs Dematel Aplicado en Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1_OnslmdDpt4fByT4AyGpebaCcPinsuSH
7	Cálculos MCDs aplicado al caso (Pardo et al, 2016).	https://drive.google.com/open?id=1ac9j7Ce_VuksRo2qGAJc1wJYYMcP3GZA
8	Gusek MCDs aplicado al caso (Pardo et al, 2016).	https://drive.google.com/open?id=1nExDrNyrs1YqK-gdzNlw_Y6NbuI482NS
9	Indicador de similitud Entre metodologías MCDs vs Dematel Aplicado en (Pardo et al, 2016).	https://drive.google.com/open?id=1f5xW8OpohWTFtRQ_7fNMhuprJZ3ybs8
10	Indicador conjunto con prueba base Dematel y MCDs aplicado en Metalprest.	https://drive.google.com/open?id=1dY0RnKx-wqMnn06y1wrEyo6KnEP9TPS0
11	Gusek MCDs Aplicado a Yousef (2014)	https://drive.google.com/open?id=1n6FN6zIxy3MXSPplw-sR7YRKI5QDgKfY
12	Calculos MCDs Aplicado a Yousef (2014)	https://drive.google.com/open?id=11QzpT5eUi4HRiUF89cRuE7AN1dCYfLzK
13	Calculos matriciales metodología híbrida aplicado en Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1Bc1iNSh3AK6fCcBD7bfHWQLUw6_Z8-z7
14	Gusek metodología híbrida aplicada en Metalprest	https://drive.google.com/open?id=1S51u9reWv_nFRfGkcsWu-0tsd1KJvF2R

