

Análisis Multicriterio como Herramienta de Apoyo al Proceso de Toma de Decisiones Estratégicas en la Industria Textil

Multi-Criteria Analysis as a Tool to Support the Strategic Decision-Making Process in the Textile Industry

Erick Reyes-Gutiérrez¹, Luis Gerardo Salgado-Márquez¹, Yovan Landero-Romero¹,
Edgar Degante-Aguilar¹, Aarón Montiel-Rosales^{1,*}

¹Tecnológico Nacional de México / ITS de Teziutlán

* Corresponding author: ar.chimedes@hotmail.com

Resumen: La toma de decisiones empresariales se ha vuelto más compleja en un entorno de incertidumbre y variabilidad constante. Las empresas están cada vez más interesadas en tomar decisiones con la mayor certeza; es por ello que, el actual interés en la modelación de situaciones considerando la incertidumbre asociada a la variabilidad natural en el comportamiento de las variables. Considerando el interés, de las organizaciones por conocer de manera real el comportamiento de su proceso y optimizarlo, el presente estudio artículo explora diversas metodologías y enfoques, desde el modelado de escenarios hasta el uso de técnicas como *Six-Sigma* y la simulación Monte Carlo, como herramientas de apoyo a la Toma de Decisiones. Cada método ofrece perspectivas únicas para abordar desafíos específicos en la industria textil, como aumentar la capacidad de producción, mejorar la eficiencia y garantizar la satisfacción del cliente. Además, se discuten las implicaciones de cada enfoque y se destacan las ventajas de combinar diferentes metodologías para obtener una comprensión más completa y tomar decisiones más informadas.

Palabras clave: Toma de Decisiones, Análisis de Riesgo, Evaluación de Alternativas de Decisión, Optimización.

Abstract: Business decision-making has become more complex in an environment of uncertainty and constant variability. Companies are increasingly interested in making decisions with the greatest certainty, which is why there is a current interest in modeling situations considering the uncertainty associated with the natural variability in the behavior of variables. Considering the interest of organizations in knowing in a real way the behavior of their process and optimizing it, this article explores various methodologies and approaches, from scenario modeling to the use of techniques such as Six-Sigma and Monte Carlo simulation, as tools to support Decision Making. Each method offers unique perspectives to address specific challenges in the textile industry, such as increasing production capacity, improving efficiency, and ensuring customer satisfaction. In addition, the implications of each approach are discussed and the advantages of combining different methodologies to gain a more complete understanding and make more informed decisions are highlighted.

Keywords: Decision Making, Risk Analysis, Evaluation of Decision Alternatives, Optimization.

1 Introducción

En la toma de decisiones empresariales, es fundamental evaluar diversos resultados al emplear el modelado de escenarios. Es esencial identificar las acciones más efectivas para reducir riesgos y maximizar oportunidades, sobre todo en circunstancias donde las decisiones impactan la producción, la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la empresa.

Como hace mención Córdoba B. Miguel en su libro *Toma de Decisiones en la Práctica*, “la teoría de la decisión es precisamente la disciplina más idónea, es una disciplina que debe cubrir las tres partes básicas de todo problema económico; plantearlo, resolverlo e interpretar económicamente el resultado. Que cuanto más nos aproximemos a la realidad, más difícil es tomar una decisión, y desgraciadamente, lo que siempre es seguro es que hay que tomar decisiones en diferentes entornos de gran incertidumbre, y por supuesto de los más reales. De ahí que la decisión multicriterio, que se han desarrollado en los últimos 30 años haya permitido buscar vías de aproximación a problemas reales, relajando las siempre estrictas restricciones matemáticas” (Córdoba, 2005).

En el ámbito empresarial, la toma de decisiones estratégicas es fundamental para alcanzar el éxito, sea cual sea el sector, independientemente de la diversidad de escenarios y variables involucradas. Utilizar la modelación de escenarios como herramienta permite explorar opciones, evaluar riesgos y aprovechar oportunidades.

El uso de modelos para diseñar sistemas complejos es habitual en las disciplinas tradicionales de ingeniería a nadie se le ocurriría construir un edificio tan complejo como un puente o un automóvil sin haber construido antes una serie de modelos de sistemas especializados. Los modelos nos ayudan a comprender un problema complejo y sus posibles soluciones mediante la abstracción. Como se menciona en el artículo *The Pragmatics of Model-Driven Development* (Selic, 2003).

Así mismo, Diego Ripoll en su libro, *Placer, Toma de Decisiones y Cerebro* “dentro de las áreas de asociación que intervienen en la toma de decisiones destaca la corteza de asociación prefrontal. Hay que tener presente que se ha considerado tradicionalmente a los lóbulos frontales como la parte del cerebro subyacente a

aquellos aspectos que definen y caracterizan a los seres humanos, como el lenguaje, la personalidad, la inteligencia, el pensamiento abstracto, las funciones ejecutivas” (Redolar, 2017, p., 110).

La Toma de Decisiones Multicriterio (*Multi-Criteria Decision Making*, MCDM) comprende una gama de enfoques matemáticos con diferentes niveles de dificultad su propósito principal es facilitar la labor del tomador de decisiones, permitiéndole operar con la máxima eficacia; ya que, en la actualidad, la toma de decisiones abarca múltiples áreas con interacciones sumamente complejas, las cuales, resultan difíciles de comprender y analizar mentalmente como un proceso único.

Para facilitar la toma de decisiones es común dividir el proceso en dos etapas: la estructuración del problema y su análisis. Es importante realizar los pasos de forma independiente, aunque su interrelación permitirá desarrollar todo el proceso. Intentar solapar las diferentes fases condicionará las conclusiones y difuminará los aportes de estos métodos (Parra et al., 2016).

La metodología empleada al enfrentar decisiones con múltiples criterios implica la evaluación, comparación y generación de alternativas basadas en distintos criterios, considerando la importancia relativa de cada uno en el área específica de la empresa.

Como se explica en *Revisiting Fuzzy and Linguistic Decision Making: Scenarios and Challenges for Making Wiser Decisions in a Better Way*, en situaciones prácticas de decisión es poco frecuente que los seres humanos tengan un único criterio en mente a la hora de evaluar una alternativa. Los procesos de decisión guiados por preferencias obtenidas con un único criterio no son, por tanto, suficientemente racionales en muchos contextos reales (Herrera-Viedma et al., 2021).

Ahora bien, la programación lineal es definida como una técnica matemática utilizada para maximizar o minimizar una función lineal sujeta a un conjunto de restricciones lineales. Se basa en la optimización de una función objetivo, que representa la cantidad que se quiere maximizar o minimizar, y está sujeta a ciertas limitaciones expresadas como restricciones lineales.

En forma resumida se afirma que la programación lineal es un método matemático de resolución de problemas donde el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado a partir de seleccionar los valores de un conjunto

de variables de decisión, respetando restricciones correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condicionantes que limiten la libertad de elección (Boirivant, 2009).

Ahora bien, la simulación en MonteCarlo, es útil cuando hay incertidumbre en los datos o en las variables del modelo. Genera múltiples escenarios aleatorios basados en distribuciones de probabilidad y evalúa cómo se comportan los resultados del modelo en cada escenario. Esto te proporciona una visión más completa de los posibles resultados y riesgos asociados. Por lo que, es considerada como una técnica estadística utilizada para modelar y simular situaciones complejas mediante la generación de múltiples escenarios aleatorios. Se basa en la repetición de experimentos numéricos con valores aleatorios dentro de rangos definidos para estimar la probabilidad de diferentes resultados y analizar el comportamiento de un sistema o fenómeno en particular.

Mientras, un árbol de decisión es un conjunto de condiciones organizadas en una estructura jerárquica, la decisión final se obtiene siguiendo un camino en base a las condiciones que se cumplen desde la raíz del árbol hasta algunas de sus hojas Cortez & Aguilar, 2022).

Los árboles de decisión son herramientas de modelado y análisis que representan gráficamente diferentes alternativas y resultados de decisiones, mostrando de manera estructurada las posibles ramificaciones y consecuencias de cada elección en un proceso de toma de decisiones. Los árboles de decisión crean un modelo de clasificación basado en diagramas de flujo. Clasifican casos en grupos o pronostican valores de una variable dependiente (criterio) basada en valores de variables independientes (predictoras) (Silvente et al., 2013).

La evaluación de escenarios implica evaluar múltiples situaciones posibles y sus efectos en los resultados, se puede considerar de varias combinaciones de variables y parámetros para explorar cómo podrían afectar la toma de decisiones.

Las dimensiones de los cambios económicos, sociales, culturales, políticos, gubernamentales, tecnológicos y competitivos, justifican la necesidad de un análisis del entorno efectivo, permitiendo a las organizaciones formular y ejecutar estrategias en forma idónea, mediante la evaluación de las circunstancias que rodean las tendencias, hechos, así como la forma en que

ellas producirán un impacto significativo sobre la empresa.

Los argumentos expuestos permiten inferir que el análisis del entorno constituye un requisito indispensable para realizar efectivamente la planeación y gestión estratégica debido a la gran cantidad de factores involucrados. Tales factores incluyen tanto oportunidades como amenazas y tienen que ser considerados en el proceso de planeación y gestión, habilitando así a la empresa a reaccionar oportunamente ante los factores externos (Yori et al., 2011).

Ahora bien, como parte de un enfoque de mejora continua con alto impacto en la actualidad, se encuentra *Six-Sigma*, la cual es una metodología ampliamente reconocida en el campo de la gestión de la calidad. El principal objetivo de *Six-Sigma* es mejorar la calidad y minimizar la variabilidad en diversos procesos. Al utilizar el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), *Six-Sigma* tiene como objetivo identificar y erradicar cualquier defecto o problema dentro de estos procesos. La recopilación y el análisis de datos desempeñan un papel crucial a la hora de tomar decisiones informadas basadas en hechos reales.

Como mencionan (Malpartida et al., 2021) bien se ha descrito en el problema, las empresas que pertenecen a este sector han sido afectadas por una baja productividad. A través de la aplicación de la metodología *Six-Sigma* se espera analizar sus procesos, determinar las fallas y mejorar la calidad de los productos con la finalidad de obtener una mayor competitividad en el mercado.

Ahora bien, en todas las empresas a diario se toman decisiones que son importantes para mantenerse o incrementar su competitividad en el mercado. La industria textil, en México es importante al ser un sector económico que da sustento a una población creciente. La elaboración de prendas de vestir comprende todas las etapas desde la creación y diseño hasta la producción y distribución, abarcando diversos sectores y mercados. Es una industria de gran alcance en el ámbito global, especialmente en moda, siendo relevante comprender su ciclo de producción para la toma de decisiones comerciales. Además, es importante destacar su impacto ambiental, siendo una de las principales fuentes de residuos sólidos después del sector de los hidrocarburos.

Aspectos clave de la industria de la confección de ropa, son:

- **Diseño y creación:** incluye la conceptualización y creación de diseños de moda.
- **Producción y fabricación:** implica la fabricación a gran escala de las prendas diseñada, puede llevarse a cabo en fábricas o talleres especializados.
- **Materiales:** la industria de la confección de ropa está vinculada a la selección y adquisición de materiales textiles, como telas, hilos y otros insumos necesarios para la producción.
- **Tecnología:** la adopción de tecnologías avanzadas en la producción, como maquinaria especializada, sistemas de corte automatizado y técnicas de costura eficientes, es crucial en esta industria.
- **Distribución y logística:** involucra la gestión de la cadena de suministro, el almacenamiento y la distribución de los productos terminados a los minoristas o directamente a los consumidores.
- **Marketing y ventas:** la promoción de la marca y la venta de productos son elementos esenciales. Las estrategias de marketing incluyen la publicidad, las redes sociales y la participación en eventos de moda.
- **Tendencias de moda:** la industria de la confección está altamente influenciada por las tendencias de moda. Las marcas deben mantenerse al tanto de los cambios en los gustos y preferencias del consumidor.
- **Sostenibilidad:** en los últimos años, ha habido un creciente interés en la sostenibilidad en la industria de la moda, con un enfoque en prácticas ambientalmente amigables y éticas.

La industria de la confección de ropa es un sector diverso y dinámico que abarca múltiples aspectos, desde la creatividad en el diseño hasta la eficiencia en la producción y distribución.

La incertidumbre que enfrenta un directivo al tomar decisiones es uno de los aspectos más preocupantes para la administración de las organizaciones empresariales, particularmente de sus procesos estratégicos. Las organizaciones se definen como sistemas sociales que transforman incertidumbre en certidumbre, en un mundo transparente para ellas. Con esta, la organización se vincula a un mundo que ella misma ha construido y el cual cree, porque es el resultado de su propia historia decisional.

Esta es una realidad de muchas empresas pequeñas, como las textilerías. Siendo una de estas, la maquiladora AZTECA S.A. de C.V., empresa ubicada en Puebla-México. Dicha empresa, enfrenta el desafío de satisfacer un nuevo pedido mensual de 20,000 sudaderas, además de su producción actual, durante un contrato de 6 meses, lo que totaliza 45,000 prendas aproximadamente. Con una capacidad de producción actual de 6,250 prendas semanales en 4 líneas de producción; por lo que, se requiere analizar varios escenarios para determinar la mejor estrategia y alcanzar la meta establecida.

Entonces analizar diversos escenarios relacionados con la producción y optimizar la asignación de recursos, reducir costos y mejorar la eficiencia y exportación de las sudaderas, con el objetivo de garantizar la satisfacción del cliente y fortalecer la posición competitiva de la maquiladora AZTECA S.A. de C.V. en el mercado, es una necesidad, a ser atendida.

La industria de la confección se ve afectada por ambientes de incertidumbre, variaciones en la demanda, demoras en la entrega de materiales y cambios en la situación del mercado. Un análisis de escenarios permitirá valorar la adaptabilidad del negocio a diversos cambios, mejorando así la capacidad para responder ante cambios imprevistos.

2 Metodología

Esta sección, describe los materiales y métodos empleados en el presente estudio.

2.1 Métodos de Análisis

Basándonos en los conceptos mencionados, los tipos de escenarios se refieren a diferentes configuraciones o representaciones posibles del futuro, que se crean mediante la combinación de diversas variables y factores. Estos escenarios pueden variar en términos de su naturaleza, alcance geográfico, horizonte temporal y grado de incertidumbre, y se utilizan para explorar diferentes posibilidades y prepararse para futuros eventos o situaciones.

Respecto a su marco temporal, hay una variedad de opciones que abarcan desde uno hasta veinte años.

a) Escenarios de Largo Plazo

En este escenario se identifican una serie de variables relevantes, cuyo comportamiento proporciona un perfil del entorno nacional. Estas

variables se pueden clasificar en físico-ambientales, técnico-económico, sociales y político- institucionales (Francés, 2001).

b) Escenarios Situacionales

La construcción de estos escenarios se efectúa a partir de las fuerzas motoras que pueden ser identificadas en el entorno. Bajo este contexto, Francés (2001), señala que las fuerzas motoras son los elementos que mueven la trama y que determinan el resultado.

3 Resultados

Primeramente, es necesario establecer en que tiempo se confecciona una prenda. Para ello, en la Figura 1, se muestra un desglose de operaciones, el cual muestra el tiempo por operación de cada elemento de la prenda en donde se incluyen movimientos de ciclos de máquina y movimientos manuales.

CORTE:		PÉDIDO:		CANTIDAD:		112			
30		MINUTAR TOTAL		11.83					
MODELO		MINUTOS COSTURA		10.11		OPERACIONES			
TROUSER		MINUTOS MANUALES		1.72		MANUALES			
CÓDIGO		OPERACIÓN		OBJETIVO SIMPLE		OBJETIVO MANUALES			
		SMP		1252		1252			
		TAREA X N		TAREA X N		TAREA X N			
		COSTO		COSTO		COSTO			
		AREA		AREA		AREA			
		EL OPERARIO		EL OPERARIO		EL OPERARIO			
		MIN. NECO		MIN. NECO		MIN. NECO			
1	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.101	104	10.09	0.076	104	R	1031	418.5
2	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.101	108	10.07	0.076	104	R	1032	430.9
3	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.101	200	19.00	0.344	190	Q	1033	465.6
4	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.101	171	16.29	0.11	166	R	1033	472.5
5	VOLICOR GORDO	0.200	300	28.00	N/A	N/A	M	M	2700
6	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.101	102	10.02	0.076	102	Q	1034	469.5
7	MARCAR GORDO PARA HACER OJALES	0.192	103	20.00	N/A	N/A	M	M	255.2
8	HILAR Y CABLEAR DE YALLA	0.186	147	13.97	0.163	140	R	1036	55.0
9	FABRICAR Y CABLEAR DE GORDO	0.200	286	27.04	N/A	N/A	M	M	286.5
10	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.220	171	20.01	0.144	164	R	1032	297.6
11	MATER GORDON A GORDO	0.270	222	21.11	N/A	N/A	M	M	364.0
12	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.256	240	22.80	0.034	234	R	1034	337.5
13	ENCOSER YORDO	0.200	340	28.00	N/A	N/A	M	M	2700
14	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.196	303	29.09	0.034	294	R	1036	267.3
15	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.200	300	28.00	N/A	N/A	M	M	2700
16	PREPARAR GORDO EN YALLA	0.114	68	5.00	0.012	66	Q	1033	153.5
17	MARCAR DE CABLEAR PARA BOLSA	0.200	211	21.02	0.114	200	Q	1030	351.6
18	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.142	176	16.67	0.079	160	Q	1039	461.7
19	PICAR BOLSA DE CABLEAR DE YALLA	0.200	200	19.00	0.079	190	R	1039	465.9
20	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.113	182	16.21	0.114	170	Q	1034	427.5
21	S/COSER BOLSA DE YALLA	0.186	156	14.81	0.062	150	Q	1034	515.7
22	UNIR YORDOS DEL T. YALLA	0.400	147	14.00	0.31	140	PS	1035	540.2
23	UNIR YORDOS DEL T. YALLA	0.400	150	14.25	0.014	140	Q	1036	540.2
24	S/COSER YORDOS	0.190	171	16.29	0.080	160	Q	1032	472.5
25	PICAR GORDO A CUERPO	0.260	107	10.18	0.196	100	Q	1036	756.0
26	MARCAR YORDOS	0.192	103	20.00	0.01	100	M	M	255.2
27	FIBRA TIPODETES DE YALLA	0.225	145	22.27	0.01	140	R	1039	330.7
28	PICAR YORDOS	0.220	273	26.01	0.115	260	R	1031	297.0
29	S/COSER GORDO	0.200	146	13.90	0.064	140	Q	1033	553.5
30	PICAR YORDOS A CUERPO	0.192	113	10.71	0.01	110	Q	1033	718.2
31	S/COSER MANEJA X2	0.056	91	8.69	0.056	150	Q	1071	885.6
32	CERRAR CORTADO X2 COLACIONADO EN YORDOS	0.236	63	5.58	0.121	160	Q	1033	1332.4
33	PICAR YORDOS A MANEJA X2	0.192	113	10.71	0.01	110	Q	1033	718.2
34	S/COSER CORTADO X2	0.236	254	24.55	0.079	250	Q	1030	318.6
35	PICAR YORDO A CUERPO	0.190	109	10.16	0.07	100	Q	1039	742.5
36	S/COSER PRETINA	0.087	87	8.00	0.367	58	Q	1043	927.4
37									
38									
39									
40									
41									
42									
		11.83		1.72				10.075	
MINUTAR		Area		Total		Manual		Costura	
PREPARACION MODA DELANTERO		1M0	3.517	0.26	3.06				
PREPARACION MODA TRASERO		1M1	3.562	0.18	3.37				
PREPARACION MODA ENMANEJE		1M2	3.482	1.27	2.21				
PREPARACION DELANTERO BASTO		1M3	1.473	0.00	1.47				
PREPARACION TRASERO BASTO		1M4	0.00	0.00	0.00				
PREPARACION ENMANEJE BASTO		1M5	0.00	0.00	0.00				
DELANTERO		200L	0.00	0.00	0.00				
TRASERO		370M	0.00	0.00	0.00				
ENMANEJE		420M	0.00	0.00	0.00				
		Total		11.816		1.724		10.11	
</									

y aplicar TOPSIS para seleccionar la solución óptima. Este enfoque, permite tomar decisiones estratégicas que maximicen la eficiencia y la rentabilidad de la empresa, especialmente en el contexto del cumplimiento del pedido mensual de 20,000 prendas adicionales. Dado el contexto del problema, se definen las siguientes variables de decisión y restricciones:

Variables de Decisión:

x_1 : Número de máquinas adicionales a adquirir.

x_2 : Número de operarios a contratar.

Restricciones

c_1 : Capacidad de Producción: La producción total no debe superar la capacidad máxima de la planta. $6,250 \cdot 4 + (6,250 + 20x_2) \cdot x_1 \leq 25,000$

c_2 : Número máximo de máquinas a adquirir: No se pueden adquirir más de 15 máquinas adicionales; $x_1 \leq 15$

c_3 : Número máximo de operarios a contratar: No se pueden contratar más de 20 operarios adicionales. $x_2 \leq 20$

Función Objetivo:

Dado que se desea maximizar la producción, la función objetivo es maximizar la cantidad total de prendas producidas, que se puede expresar como: $\text{Max } Z = 6,250 \cdot 4 + (6,250 + 20x_2) \cdot x_1$

El modelo matemático, se resuelve mediante el método Simplex (ver Figura 3, Figura 4 y Figura 5).

Variables	Coficiente	Máquina	Operario	S1	S2	S3	S4	Solución
Z	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	0	6250	$20(6250 + 20x_2)$	1	0	0	0	25000
S2	0	1	0	0	1	0	0	2
S3	0	1	0	0	0	1	0	15
S4	0	0	1	0	0	0	1	20

Figura 3. Primera iteración.

Variables	Z	x_1	x_2	x_3	x_4	Solución
	0	0	0	0	0	0
x_1	0	6250	20	1	0	25000
x_2	0	1	0	0	0	2
x_3	0	1	0	0	0	15
x_4	0	0	1	0	0	20
x_5	0	0	0	0	1	0

Figura 4. Segunda iteración.

La solución óptima encontrada en la Figura 5, indica que, para cubrir el pedido de 45,000 prendas mensuales, se necesitarán 15 máquinas adicionales y 20 operarios. Se tiene entonces:

Variables	Z	x_1	x_2	x_3	x_4	Solución
	0	0	0	0	0	0
x_1	0	6250	20	1	0	25000
x_2	0	-6240	0	0	0	-49980
x_3	0	1	0	0	0	15
x_4	0	0	1	0	0	20
x_5	0	0	0	0	1	0

Figura 5. Tercera iteración.

- Capacidad de producción actual: 25,000 prendas/mes.
- Eficiencia de las líneas de producción: 98.2%.
- Número de máquinas por la línea de producción: 21.
- Horas de trabajo por operario: 48 horas/semana.
- Número de operarios por máquina: 1
- Tiempo de producción por prenda: 16-18 minutos.
- Tiempo de entrega del material: 2 meses.
- Número de prendas adicionales a producir: 20,000.
- Tiempo de contrato: 6 meses.
- Tiempo extra disponible: 0.
- Tiempo de entrega requerido por el cliente: 6 meses.

El modelo optimizado se simuló en Monte Carlo, para representar la incertidumbre asociada a todo problema real; para ello, primero se establecieron las distribuciones de probabilidad para las variables relevantes y luego se generaron valores aleatorios basados en estas distribuciones. Establecidos, de la siguiente manera:

- Número de máquinas adicionales a adquirir (x_1): distribución discreta para representar el número de máquinas adicionales a adquirir, con valores posibles entre 0 y 15.
- Número de operarios a contratar (x_2): de manera similar, distribución discreta para representar el número de operarios a contratar, con valores posibles entre 0 y 20.
- Capacidad de producción: se calcula la capacidad de producción total considerando las nuevas máquinas y operarios.
- Producción adicional: la producción adicional que se puede lograr con la capacidad aumentada.

- Tiempo de producción total: tiempo total de producción considerando la nueva capacidad.
- Cumplimiento del tiempo de entrega: tiempo total de producción cumple con el tiempo de entrega requerido por el cliente.

Modelo piloto 1:

- Número de máquinas adicionales: 5.
- Número de operarios contratados: 10.
- Capacidad de producción total: 32,500 prendas/mes.
- Producción adicional: 7,500 prendas/mes.
- Tiempo de producción total: 3.6 meses
- Cumplimiento del tiempo de entrega: No.

Modelo piloto 2:

- Número de máquinas adicionales: 10.
- Número de operarios contratados: 15.
- Capacidad de producción total: 40,000 prendas/mes.
- Producción adicional: 15,000 prendas/mes.
- Tiempo de producción total: 2.4 meses.
- Cumplimiento del tiempo de entrega: Sí.

Como resultado se tiene una distribución de probabilidad de un sistema modelado. Esto proporciona información sobre la variabilidad y la incertidumbre asociada con las diferentes variables del sistema, lo que permite tomar decisiones informadas y evaluar riesgos en diversos contextos.

3.6 Modelación en Árbol de Decisión

Esto implica, la evaluación de la capacidad de producción actual y considera la posibilidad de mejorar la eficiencia o aumentar la capacidad para cumplir con el pedido del nuevo cliente. La última rama destaca la importancia de una planificación a corto y largo plazo para garantizar la sostenibilidad a medida que se toman decisiones específicas.

Como se comenta en el libro de toma de decisiones por medio de Investigación de Operaciones, la base del árbol es el punto inicial de la decisión, sus ramas comienzan con el primer evento casual, cada uno de los cuales produce dos o más posibles efectos, de los cuales

causan otros eventos casuales y puntos subsiguientes de decisión.

Estos valores o cifras se obtienen mediante cuidadosas investigaciones, y esto causa probabilidades para ciertos eventos casuales y pronósticos de cálculos, de pago o flujos de efectivo para cada resultado posible, de acuerdo con la influencia causada por diversos eventos causales.

Como se muestra en la Figura 6, este diagrama nos muestra gráficamente, la estructura parcialmente lógica de la representación visual de las diferentes áreas de oportunidad que existen para poder aumentar la producción.

Las ventajas que ofrece la información que facilita la comprensión de los procesos que queremos hacer o visualizar.

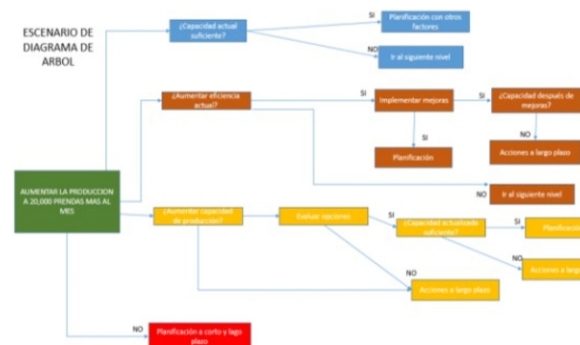


Figura 6. Diagrama de árbol de posibles soluciones

3.7 Análisis de Escenarios

El resultado al utilizar un análisis de escenarios es obtener una comprensión más clara de las posibles situaciones futuras y sus implicaciones para la toma de decisiones.

Este análisis permite explorar diferentes alternativas y evaluar cómo podrían afectar los resultados deseados en función de diversos factores y condiciones variables.

Al identificar y analizar estos escenarios, se puede tomar decisiones más informadas y desarrollar estrategias que ayuden a anticipar y gestionar los riesgos de manera más efectiva.

3.8 Análisis con Six-Sigma

En este escenario se consideran los datos tomados que se mencionan en desglose estudio de movimientos (producción de prendas con las variables proporcionadas), e implementó el enfoque DMAIC.

Definir (Define):

Reducir el tiempo de producción y mejorar la eficiencia para cumplir con el pedido adicional de 20,000 prendas al mes. Esto sería durante el proceso de producción de prendas que involucra 21 operarios y 5 operarios manuales.

Medir (Measure):

Identificación de variables clave:

- Tiempo de producción por día (570 min).
- Tiempo por prenda (11.83 min).
- Cantidad de prendas producidas por día (1,252).

Recopilación de datos:

- Medir y registrar los tiempos de producción reales.
- Analizar la variabilidad en la producción diaria.

Analizar (Analyze):

Mapeo de flujo de valor:

- Identificar cuellos de botella en el proceso.
- Analizar la eficiencia de cada etapa del proceso.

Histogramas y diagramas de Pareto:

- Identificar actividades que consumen más tiempo.
- Priorizar áreas de mejora basadas en la importancia.

Análisis de causa raíz:

- Identificar las causas subyacentes de ineficiencias.
- Utilizar técnicas como los “5 por qué” para llegar a la causa raíz.

Mejorar (Improve):

- Desarrollo e implementación de Soluciones.
- Introducción de nuevas técnicas de costura.
- Automatización de tareas repetitivas.
- Capacitación adicional del personal.
- Simulaciones y pruebas piloto.
- Probar cambios en un entorno controlado.
- Evaluar el impacto de las mejoras en pequeña escala antes de la implementación completa.

Controlar (Control):

- Establecimiento de métricas de control

- Implementar métricas para monitorear el tiempo de producción, la calidad y la eficiencia.
- Establecer límites de control para identificar desviaciones.
- Implementación de sistemas de control continuo.
- Mantener sistemas para monitorear de forma continua la eficiencia del proceso.
- Programar auditorías regulares para asegurar la adhesión a las nuevas prácticas.

Lean Six Sigma se centra en la mejora continua de las organizaciones, el aumento de la productividad y la competitividad (Ramírez et al., 2021).

4 Discusión

En enfoque empleado en el presente estudio, presenta el contexto de la mejora de la eficiencia en la producción textil. Se puede analizar cómo cada método aborda los desafíos específicos de la maquiladora AZTECA S.A. de C.V., y cómo contribuye a la optimización de la capacidad de producción y la satisfacción de los clientes. Los árboles de decisión se presentan como una herramienta que es capaz de asistir a los decisores, en proyectos que mejoren la rentabilidad de la organización coincidiendo con Chou y Chen (2024).

El análisis del modelo matemático permite establecer que el sistema tiene la capacidad de cubrir el pedido de 45,000 prendas mensuales, considerando el uso de 15 máquinas adicionales y 20 operarios. A partir, de esta información se generó un árbol de decisión seguido de un análisis de escenarios, para evaluar el comportamiento del sistema ante cambios en los parámetros. Así es como finalmente, se establece un tiempo de producción por día de 570 min, un tiempo por prenda de 11.83 min, y una cantidad de prendas producidas por día de 1,252. Ante esto se coincide con, He *et al.* (2021), en que la modelación de la incertidumbre de los procesos de la industria textil permite encontrar soluciones sobre el rendimiento.

Se coincide con He *et al.* (2022), en que los sistemas de decisión mejoran la configuración del sistema de producción de la industria textil.

Finalmente, la complejidad de implementación, la adaptabilidad a cambios en las preferencias y condiciones del mercado, la capacidad para manejar múltiples criterios de decisión, la precisión en la modelización de la

incertidumbre y la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo; son aspectos a considerar, como parte del proceso de toma de decisiones.

5 Conclusiones

El análisis detallado de diferentes escenarios y la aplicación de diversas metodologías han proporcionado a la maquiladora AZTECA S.A. de C.V., una comprensión profunda de los desafíos y oportunidades que enfrenta en su proceso de producción. Desde el enfoque estructurado de un análisis MCDM hasta la visualización descriptiva del diagrama de árbol, cada metodología ha contribuido a la identificación de soluciones efectivas y la toma de decisiones informadas.

Del estudio se desprende que para cumplir con una demanda adicional de 20,000 prendas al mes serían necesarios 21 operarios y 5 operarios manuales.

La combinación de estas herramientas ofrece a la empresa AZTECA S.A. de C.V., una ventaja competitiva en un mercado textil en constante evolución, permitiéndole no solo cumplir con las demandas actuales del cliente, sino también anticiparse y adaptarse a futuros desafíos con agilidad y eficiencia.

En conclusión, cada uno de estos enfoques ofrece ventajas y desventajas, y la elección del método adecuado depende del contexto específico del problema, los recursos disponibles y las preferencias del equipo de gestión. La combinación de diferentes métodos puede proporcionar una visión más completa y precisa del problema y ayudar a tomar decisiones más sólidas y efectivas.

6 Referencias

- Boirivant, J. A. (13 abril 2009). *La Programación Lineal Aplicación de la Pequeñas y Medianas Empresas*, 17.
- Chou, J. S., & Chen, K. E. (2024). Optimizing investment portfolios with a sequential ensemble of decision tree-based models and the FBI algorithm for efficient financial analysis. *Applied Soft Computing*, 158, 111550. <https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2024.111550>
- Córdoba, M. (2005). *La Toma de Decisiones en la Práctica*. (1.a ed., Vol. 1). Delta. <https://elibro.net/es/ereader/itsteziutlan/227386>
- Cortez, A. P., & Aguilar, M. A. (2022). Recomendación de cirugía refractiva mediante árboles de decisión. *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, 15(2), 69-76. <https://doi.org/10.15381/risi.v15i2.24780>
- Francés, A. (2001). Estrategia para la empresa en América Latina. 2001.
- He, Z., Tran, K. P., Thomassey, S., Zeng, X., Xu, J., & Yi, C. (2021). A deep reinforcement learning based multi-criteria decision support system for optimizing textile chemical process. *Computers in Industry*, 125, 103373. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2020.103373>
- He, Z., Tran, K. P., Thomassey, S., Zeng, X., Xu, J., & Yi, C. (2022). Multi-objective optimization of the textile manufacturing process using deep-Q-network based multi-agent reinforcement learning. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 939-949. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2021.03.017>
- Herrera-Viedma, E., Palomares, I., Li, C.-C., Cabrerizo, F. J., Dong, Y., Chiclana, F., & Herrera, F. (2021). Revisiting Fuzzy and Linguistic Decision Making: Scenarios and Challenges for Making Wiser Decisions in a Better Way. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 51(1), 191-208. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2020.3043016>
- Malpartida, J. N., Olmos, D., Quiñones, S. M., Ledema, M. J., García, G., & Díaz, J. R. (2021). Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil. *Alpha Centauri*, 2(3), 72-90. <https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.45>
- Parra, A., Palacios, R., & Pacheco, J. (2016). Los métodos de decisión multicriterio discretos. Un punto de vista racional aplicado a la toma de decisiones. primer semestre 2016, 16(1), 33.
- Ramírez, J. F., López, V. G., Hernández, S. A., & Morejón, M. (2021). Lean six sigma e industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones: Lean six sigma e industria 4.0 en la administración de operaciones. UNESUM-Ciencias. *Revista Científica*

- Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166,
5(4), 151-168.
[https://doi.org/10.47230/unsum-
ciencias.v5.n4.2021.584](https://doi.org/10.47230/unsum-ciencias.v5.n4.2021.584)
- Redolar, Diego. (2017). Placer, toma de
decisiones y cerebro (1.a ed., Vol. 0).
UOC (Oberta UOC Publishing SL).
[https://elibro.net/es/ereader/itsteziutlan/
116566?page=110](https://elibro.net/es/ereader/itsteziutlan/116566?page=110)
- Selic, B. (2003). The pragmatics of model-
driven development. *IEEE Software*,
20(5), 19-25.
[https://doi.org/10.1109/MS.2003.12311
46](https://doi.org/10.1109/MS.2003.1231146)
- Silvente, V. B., Hurtado, M. J. R., & Baños, R.
V. (2013). Cómo aplicar árboles de
decisión en SPSS. 08/01/2013, 6(1), 15.
[https://doi.org/10.1344/reire2013.6.161
5](https://doi.org/10.1344/reire2013.6.1615)
- Yori, L., Hernández, J., & Chumaceiro, A.
(2011). Planificación de escenarios: Una
herramienta estratégica para el análisis
del entorno. *Revista Venezolana de
Gerencia*, 16(54).
[https://doi.org/10.31876/revista.v16i54.
10617](https://doi.org/10.31876/revista.v16i54.10617)