

DISEÑO DE UN CUADRO DE MANDO INTEGRAL UTILIZANDO LOS INDICADORES DE LEAN MANUFACTURING, SEIS SIGMA Y TEORÍA DE RESCTRICCIONES

*DESIGN OF A BALANCED SCORECARD USING LEAN
MANUFACTURING, SIX SIGMA AND THEORY
OF CONSTRAINTS INDICATORS*

José Iván Baeza Ramírez

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
M2103022@itcelaya.edu.mx

Moisés Tapia Esquivias

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
moises.tapia@itcelaya.edu.mx

Manuel Darío Hernández Ripalda

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
dario.hernandez@itcelaya.edu.mx

Alicia Luna González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
alicia.luna@itcelaya.edu.mx

Recepción: 20/mayo/2022

Aceptación: 15/diciembre/2022

Resumen

El objetivo de este artículo es analizar los indicadores que utilizan metodologías de mejora continua como lo son lean manufacturing, seis sigma y teoría de restricciones (TOC). Se identificó un total de 27 indicadores los cuales sirvieron para elaborar un mapa estratégico con el objetivo de poder esquematizar un primer bosquejo de un cuadro de mando integral. Se ha identificado que las metodologías utilizadas en esta investigación contribuyen en gran parte con indicadores enfocados al desempeño de procesos o maquinas, pero no al factor humano, por lo que fue necesario realizar una revisión de la literatura para poder desarrollar y poder complementar las dimensiones de las que consta un cuadro de mando integral. Seguido a esto se aplicó el proceso de análisis jerárquico (AHP) para estudiar las

relaciones entre los indicadores propuestos, así como para calcular la razón de consistencia. El resultado de este análisis se interpreta comparando los valores de la razón de consistencia, el cual ha sido aprobatorio en cada caso.

Palabras Clave: Lean manufacturing, Seis sigma, TOC, cuadro de mando integral, AHP, mapa estratégico.

Abstract

The aim of this paper is to analyze the indicators that use continuous improvement methodologies such as lean manufacturing, six sigma and theory of restrictions (TOC). A total of 27 indicators were identified that served to develop a strategic map with the aim of being able to outline a first draft of a comprehensive scorecard. It has been identified that the methodologies used in this research contribute largely with indicators focused on the performance of processes or machines, but not on the human factor, so it was necessary to carry out a review of the literature to develop and complement the dimensions of which consists of a balanced scorecard. Following this, the hierarchical analysis process (AHP) was applied to study the relationships between the proposed indicators, as well as to calculate the consistency ratio. The result of this analysis is interpreted by comparing the values of the consistency ratio, which has been approved in each case.

Keywords: *Lean manufacturing, six sigma, TOC, balanced scorecard, AHP, strategic map*

1. Introducción

Un aspecto fundamental en una organización es declarar cómo se va a medir su desempeño, ya que la elección de lo que un negocio mide y analiza comunica valor, orienta el pensamiento de los colaboradores y fija las prioridades [Pulido & Salazar, 2009]. Los métodos de medición de desempeño que se aplican con regularidad en las organizaciones se desarrollan bajo un enfoque económico [Cora, 2011]. Derivado de esto, los resultados obtenidos no ofrecen una orientación clara para todos los individuos que participan en una organización de manera que conozcan, si su desempeño es satisfactorio y que aspectos son necesarios mejorar [Pulido &

Salazar, 2009]. En este contexto, los indicadores y el cuadro de mando son instrumentos que vienen a facilitar la toma de decisiones, ya que proporcionan una información relevante sobre la situación y evolución de una organización [AENOR, 2003]. El cuadro de mando integral es un instrumento que refleja la misión y la estrategia de una organización en un conjunto de medidas objetivas y cuantificables [de Sousa., et al.,2014], que proporcionan la estructura necesaria para un sistema de gestión [Kaplan & P., 1996]. Asimismo, permite una lectura de la ejecución de estrategias para llegar a una meta e inclusive puede prevenir crisis futuras [Beltrán & OsorioMorales, 2018]. La metodología de proceso de análisis jerárquico conocida como AHP, presentada por [Saaty, 1990], es una guía diseñada para resolver problemas complejos de criterios múltiples. Este proceso de análisis requiere que quien tome las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada criterio y posteriormente demuestre su preferencia con respecto a cada alternativa de decisión, así como para cada criterio.

2. Métodos

En esta sección se define el método para el diseño de un cuadro de mando tomando como referencia el esquema de [Kaplan & P., 1996]. Asimismo, se utilizó la metodología de proceso jerárquico analítico desarrollada por [Saaty, 1990] con la finalidad de establecer el nivel entre los indicadores de las metodologías de lean manufacturing, seis sigma y teoría de restricciones. De acuerdo con lo anterior, la figura 1 muestra el método a utilizar.

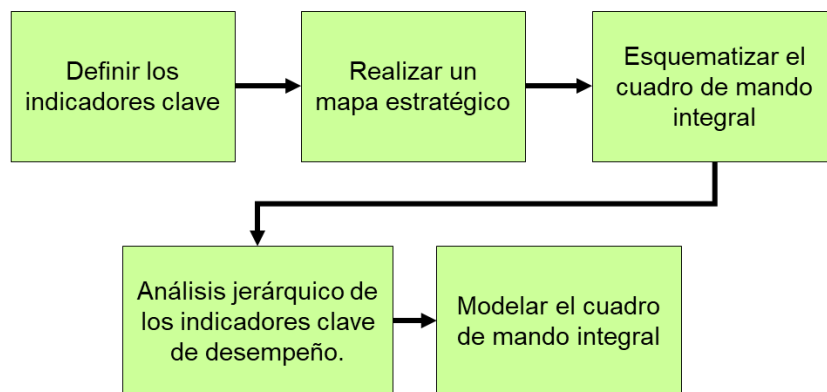


Figura 1 Método para el diseño de un cuadro de mando integral.

Definición de los indicadores clave

EL objetivo del primer paso es la identificación y definición de los indicadores utilizados por las metodologías de mejora continua. Para su realización se analizó la literatura disponible acerca de las metodologías de lean manufacturing, seis sigma y teoría de restricciones, tomando en cuenta, bases de datos, repositorios, libros y artículos. Posteriormente se elaboró una tabla identificando principalmente la metodología, el indicador y si es posible, su método de obtención. La tabla 1 muestra el resultado del análisis previamente realizado.

Tabla 1 Definición de indicadores

Metodología	Indicador	Método cuantitativo
Toc	Utilidad neta	Utilidad neta = Ganancia -Gastos operacionales
	ROI	ROI = (Ganancia -Gasto operacional) /inventario
	Flujo de efectivo	Dinero disponible liquido
	Ganancia	Utilidad – Gastos operacionales
	Inventario	Inventario según cada organización
	Gastos de operación	Gastos según cada organización.
Lean manufacturing	OEE	% OEE=(Disponibilidad)(Rendimiento)(Calidad)
	TEEP	TEEP=L x OEE
	FTT	(FTT) = (producto conforme - scrap) / (producción real)
	DTD	DTD = (inventario de mp + inventario de material en proceso + inventario de pt) / (Demanda diaria del cliente)
	OTD	OTD = (pedidos entregados a tiempo) / (total de pedidos enviados) X100
	BTS	BTS = (% Volumen) (% Mix) (% Secuencia)
	ITO	ITO = (Costo de la mercancía vendida) / (Inventario promedio)
	RVA	VA= (Tiempo de valor añadido) / (Tiempo total del ciclo del proceso)
	PPM's	PPM= (Piezas no ok) / (Piezas ok + Piezas no ok) *10e6
	IFA	IFA= (No. total, de accidentes) / (No. total, de horas trabajadas)
	MTBF	MTBF= (Total de tiempo de actividad de todas las máquinas) / (Número total de fallas)
Seis sigma	DPU	DPU = d / U
	DPO	DPO = d / (U x O) = (No. de defectos) / (Unidades producidas *No. de oportunidades de error)
	DPMO	DPMO = DPO *10^6
	Yield	Y = e^((-DPU))
	RTY	RTY = Y1*Y2*Y3*...Yk
	NY	Yn =[RTY]^(1/N)
	CP	Cp = (ES-EI) / 6σ
	Cpk	Cpk = Min [(μ-EI) / 3σ, (ES-μ) / 3 σ]
	Pp	Pp = (LES - LEI) / 6σ
	Ppk	Ppk = Min [(μ - EI) / 3σ, (ES - μ) / 3σ]

Diseño de mapa estratégico

En esta etapa se procedió a desarrollar un mapa estratégico tomando como referencia el procedimiento que propone [Kaplan & P., 1996]. Se establecen las dimensiones sobre las cuales trabaja un cuadro de mando. Dimensión financiera, Dimensión de clientes, Dimensión de procesos y Dimensión de aprendizaje La causa del orden propuesto se debe a que lo primero y más importante para el cuadro de mando es la generación del valor. Seguido de la dimensión de los clientes, la cual señala que necesitan los clientes para lograr la generación de valor.

La dimensión de procesos ayuda a definir que procesos son necesarios mejorar para lograr la satisfacción de los clientes y por último se coloca la dimensión de aprendizaje, en la que se establecen las acciones necesarias que se tienen que llevar a cabo por parte del personal para lograr mejorar los procesos:

- **Paso 1. Agregar las estrategias y las dimensiones.** La idea central de un mapa estratégico es que las estrategias se identifiquen por medio de una forma, generalmente es una elipse. Por lo general un mapa estratégico contiene a lo mucho 20 objetivos. De otro modo el realizar un seguimiento continuo a demasiadas estrategias puede ser contraproducente provocando que no se comunique de manera eficaz. Las estrategias se deben agrupar en las distintas dimensiones antes mencionadas. Este mapa estratégico esta desarrollado de manera genérica tomando como base una estructura organizacional típica, debido a que cada organización es distinta y su diseño puede cambiar de una organización a otra. En general los mapas estratégicos cuentan con cuatro perspectivas como la que muestra la figura 2.
- **Paso 2. Agregar las relaciones entre estrategias.** En este paso lo que se realiza es identificar aquellas estrategias que tienen una relación entre sí y una manera de representarlo es unirlos con flechas. De esta manera si seguimos las flechas entre estrategias y dimensiones se puede observar como las estrategias inferiores impulsan hacia el éxito a las estrategias que se encuentran en la parte superior, la figura 3 demuestra la relación previamente mencionada. La identificación de las relaciones entre estrategias es de suma importancia para el diseño del cuadro de mando

debido a que se puede apreciar la transformación del conocimiento, cultura y de los bienes intangibles en resultados precisos.

Balanced Scorecard Mapa estratégico				
Financiero	Menor costo	Mejorar la rentabilidad	Mejorar las ganancias	
Clientes	Tiempos de espera	Satisfacción de los clientes	Mejorar la calidad	
Procesos Internos	Aumentar la eficiencia en los procesos	Mejorar el tiempo de ciclo	Mejorar tiempos de entrega	Mejorar los niveles de inventarios
Aprendizaje	Mejorar conocimiento y habilidades	Mejorar el desarrollo profesional		

Figura 2 Estrategias agrupados por dimensiones

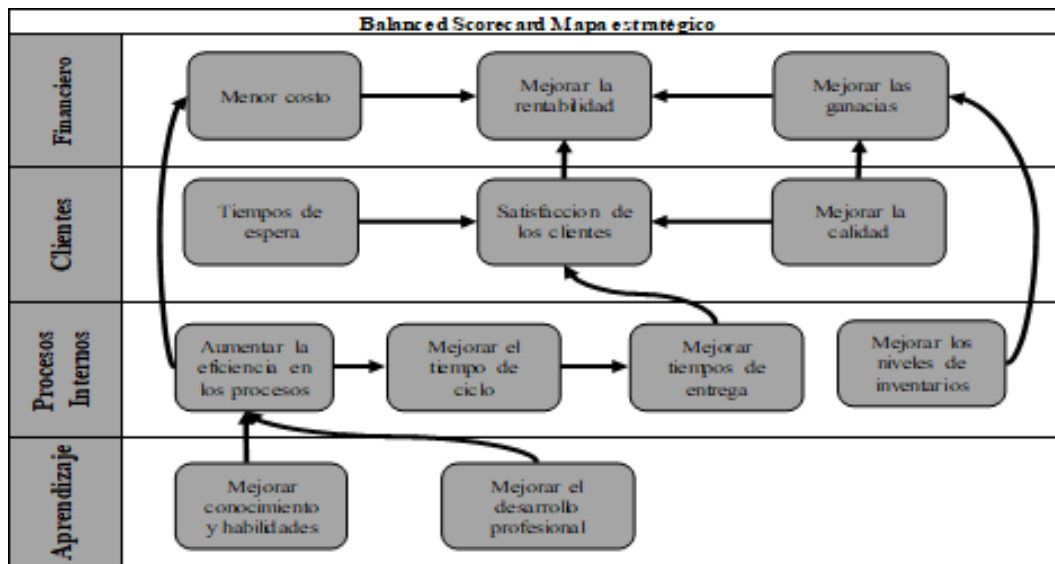


Figura 3 Relaciones entre estrategias y dimensiones dentro del mapa estratégico.

Esquematizar el cuadro de mando integral

En esta etapa se elaboró un esquema del cuadro de mando, con base en el mapa estratégico. Seleccionando los indicadores clave de desempeño más adecuados y

que más relación tenían con las estrategias que se propusieron en el mapa estratégico. Un criterio importante al momento de desarrollar un cuadro de mando es el número de indicadores dentro del modelo, ya que éste no debe superar los siete por dimensión, y si son menos, mejor. En la tabla 2 se muestra el esquema del cuadro de mando donde se presentan los objetivos, los indicadores y la dimensión a la cual pertenecen.

Tabla 2 Esquema de cuadro de mando integral.

Dimensión	Objetivo	Indicador
Financiera	Aumentar la utilidad.	Utilidad neta
Financiera	Incrementar el retorno sobre la inversión.	ROI
Financiera	Aumentar el flujo de efectivo	Flujo de efectivo
Clientes	Reducir el tiempo de espera	Lead time (tiempo de espera)
Clientes	Mejorar la satisfacción de los clientes	Calidad/RTY
Clientes	Mejorar los tiempos de entrega	Entregas a tiempo (OTD)
Procesos	Aumentar la eficiencia de los procesos	OEE
Procesos	Mejorar los niveles de inventario	ITO
Procesos	Optimización de los procesos productivos	Cpk
Procesos		Ppk
Personal	Reducir los riesgos de accidentes	IFA (accidentes)
Personal	Aumentar la satisfacción laboral	Promedio de horas de capacitación mensual
Personal	Implementar actividades para el desarrollo profesional del personal	Cumplimiento de plan de competencias
Personal	Reducir el índice de ausentismo	Tasa de ausentismo

En la tabla 2 se aprecia solo una selección de indicadores en comparación con la lista inicial de los indicadores que se identificaron en la tabla 1. La selección se llevó a cabo mediante la relación de las estrategias con los indicadores disponibles, por ejemplo, en la figura 4, en la dimensión financiera se encuentra la estrategia de aumentar la rentabilidad. Para medir esta estrategia es necesario revisar la lista de los indicadores de las metodologías de lean manufacturing, seis sigma y teoría de restricciones, de todo el conjunto de indicadores se puede identificar que en la tabla 1 existe un indicador que es la utilidad neta, perteneciente a la metodología de teoría de restricciones y es el único indicador capaz de medir esta estrategia, por lo tanto, se coloca en el esquema del cuadro de mando. Otro ejemplo claro es la estrategia de *tiempos de espera*, ubicada en la dimensión de clientes en la figura 4, si se revisa

la tabla 1, se ubica claramente la existencia un indicador de lean manufacturing y que mide exactamente los tiempos de espera, este indicador es el *lead time*.

Análisis jerárquico de indicadores clave de desempeño

En esta etapa se utilizó la metodología de análisis jerárquico de decisión desarrollada por [Saaty, 1990]. Esta metodología se utilizó para analizar el nivel jerárquico de los indicadores señalados en la tabla 2, contra criterios que se establecieron y que deben de cumplir dichos indicadores. En este paso se definieron los criterios de decisión que utilizaran para evaluar la correcta implementación de los indicadores en el esquema del cuadro de mando integral antes de presentar un modelo final.

Se asignaron en letras en orden alfabético a los criterios:

- A. Que sean cuantitativos, evitando por completo dar paso a la subjetividad.
- B. Que sean accesibles, es decir, que debe ser posible su obtención sin dificultad.
- C. Debe ser de fácil comprensión para cualquier persona.
- D. Deben ser relevantes, para que un indicador aparezca en un cuadro de mando integral debe brindar con exactitud el objetivo que se busca lograr.

Matriz de comparación de pares

Es una matriz que en su contenido se encuentran comparaciones pareadas de criterios o alternativas. Sea A una matriz $n \times n$ donde a_{ij} es elemento (i, j) de la matriz A . Entonces se dice que A es una matriz de comparaciones por pares de n alternativas, donde si a_{ij} es la preferencia de la alternativa o criterio en el renglón i , cuando se compra contra la alternativa o criterio del renglón j . De esta manera cuando $i = j$, el valor del elemento a_{ij} será 1, debido a que las alternativas o criterios se están comparando consigo mismos.

La matriz de comparación que plantea [Saaty, 1990] se muestra en la ecuación 1. La tabla 3 muestra la matriz de comparación de pares de los criterios establecidos en la sección anterior.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tabla 3 Matriz de comparación de pares de criterios.

Criterios	A	B	C	D
A	1	3	7	1
B	0.33	1	3	0.14
C	0.14	0.33	1	0.11
D	1	7	9	1

La obtención de los valores anterior se llevó acabo de la siguiente forma: Se comparan renglones contra columna. Es decir, se toma el primer criterio (A) y de acuerdo con la escala de preferencias de la tabla 4 se le asigna un valor dependiendo del juicio que el tomador de decisiones. De esta manera cuando se compara el criterio **A** contra **A**, el valor será 1 debido a que se compara consigo mismo. El siguiente caso es la comparación del criterio **A** de la primera fila contra el criterio B de la primera columna, y se le asigna un valor de 3 debido a que para nosotros el criterio **A** es *moderadamente importante sobre el criterio B* de acuerdo con la tabla 4 y así sucesivamente hasta completar la primera fila, Ahora nos enfocamos en la segunda fila de la matriz, el cual se compara el criterio **B** contra el criterio **A** de la primera columna, por lo tanto el valor correspondiente en el inverso debido a que ya se había realizado esta comparación anteriormente es decir se (**A** fila) vs (**B** columna) es igual a 3, entonces (**B** fila) vs (**A** columna) será 1/3 o 0.33 y no es necesario acudir a la escala de preferencias.

Escala de preferencias

Para la realización de esta matriz se utiliza una escala de juicios enumerada del 1-9 como se muestra en la tabla 4. En esta tabla se presentan los valores numéricos que se recomiendan para las preferencias a utilizar por los tomadores de decisiones.

Tabla 4 Escala de [Saaty, 1990] para comparaciones pareadas.

Escala	La importancia relativa de los dos elementos
1	Igualmente, importante
3	Moderadamente importante uno sobre otro
5	Muy importante
7	Mucho más importante
9	Extremadamente más importante
2,4,6,8	Valores intermedios

Una vez elaborada la matriz se procede a calcular la prioridad de los elementos que se analizan. Este paso se conoce comúnmente como sintetización. El proceso se describe en una serie pasos:

- Paso 1. Sumar los valores de cada columna de la matriz de comparación por pares. La tabla 5 muestra de manera clara la operación aritmética.
- Paso 2. Calcular la representatividad por criterio. La obtención de la siguiente tabla 6 se calcula dividiendo cada elemento de la matriz entre el total de su respectiva columna, la matriz resultante se conoce como representatividad de criterios.

Tabla 5 Matriz de comparación de pares de criterios.

Criterios	A	B	C	D
A	1	3	7	1
B	0.33	1	3	0.14
C	0.14	0.33	1	0.11
D	1	7	9	1
Total	2.47	11.33	20	2.25

Tabla 6 Matriz de representatividad por criterios.

0.405	0.265	0.350	0.444
0.134	0.088	0.150	0.062
0.057	0.029	0.050	0.049
0.405	0.618	0.450	0.444

- Paso 3. Definir el peso por criterio y la consistencia de los pesos. Se procede a calcular el promedio de los elementos de cada renglón de los criterios que se comparan. La matriz resultante se llamará matriz de pesos por criterios como se muestra en tabla 7. Posteriormente se obtiene la matriz de

consistencia de pesos, el método de cálculo es multiplicar los renglones de la matriz de comparación por pares por la columna de la matriz de pesos por criterios, mediante la función **=MMULT** en una hoja de cálculo, en la tabla 8 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 7 Matriz de pesos por criterios.

0.366
0.109
0.046
0.479

Tabla 8 Matriz de consistencia de los pesos.

1.4941
0.4349
0.1860
2.0205

Como último paso se calcula la matriz resultante, esta se obtiene de la división de los valores de la matriz de consistencia de pesos entre los valores de la matriz de pesos por criterios y posteriormente el promedio de los valores, a este valor se le conoce como n_{max} esto se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9 Matriz resultante.

4.082
4.008
4.027
4.216
n_{max} 4.083

Índice de consistencia y aleatoriedad

La metodología del proceso de análisis jerárquico proporciona un método para calcular o medir la consistencia entre las alternativas o criterios que se han comparado. Para obtener el índice de consistencia se emplea la ecuación 2.

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Donde:

IC : Índice de consistencia

n_{max} : Promedio calculado de la matriz resultante en la tabla 9

n : Número de criterios o alternativas

El índice de aleatoriedad es un índice de consistencia de una matriz de comparaciones por pares que se genera de forma aleatoria. La ecuación 3 muestra la forma para su obtención.

$$IA = \frac{1.98(n - 2)}{n} \quad (3)$$

Donde:

IA : Índice de aleatoriedad

n : Número de alternativas o criterios que se comparan.

Razón de consistencia

Ahora se emplea la ecuación 4. La evaluación de esta razón es observar que si los valores obtenidos exceden de 0.10, indican que la matriz de comparación de pares es inconsistente. Cuando las matrices de comparación no son consistentes, se deben de ajustar los elementos de las matrices y realizar una prueba de consistencia hasta que se logre obtener la consistencia. Se considera aceptable que la razón de consistencia sea menor o igual a 0.10.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (4)$$

Comparación de alternativas (indicadores) por criterios

A los indicadores mostrados en la tabla 2 se les asignó una letra en orden alfabético y se compararon bajo los criterios de la tabla 5. Las tablas 10 y 11 muestran un extracto de las matrices de comparaciones por pares de las alternativas. Para cada caso fue necesario realizar el proceso de sintetización, así como el cálculo de la razón de consistencia. En esta etapa se analizaron las

comparaciones entre todas alternativas o indicadores, con el objetivo de observar las relaciones que existen entre sí.

Tabla 10 Comparación de indicadores bajo el criterio: Deben ser cuantitativos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	1	1	0.33	3	3	3	3	3	3	3	3	0.33	0.33	0.33
B	1	1	0.2	1	3	1	1	1	1	1	1	5	5	5
C	3	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3
D	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
E	0.33	0.33	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
F	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
G	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
H	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
I	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
J	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
K	0.33	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33	0.33	0.33
L	3	0.2	0.33	0.33	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
M	3	0.2	0.33	0.33	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1
N	3	0.2	0.33	0.33	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1

Tabla 11 Comparación de indicadores bajo el criterio: Impacto estratégico

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	1	2.00	1	0.33	2	1	1.00	0.50	0.50	0.50	5	5	5	5
B	0.5	1	1	2	1	1	3	0.2	3	3	5	5	5	5
C	1	1	1	1	3	1	3	0.33	3	3	3	3	3	3
D	3	0.50	1.00	1	2	1	0.33	1	3	3	3	3	3	2
E	0.5	1.00	0.33	0.50	1	3	0.33	1	0.3	0.3	3	3	3	3
F	1	1.00	1.00	1.00	0.33	1	0.33	1.00	3.00	3.00	3	3	3	1
G	1	0.33	0.33	3	3	3	1	1	1	1	3	3	3	3
H	2	5.00	3.00	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3
I	2	0.33	0.33	0.33	3	0.33	1	1.00	1	1	3	1	2	3
J	2	0.33	0.33	0.33	3	0.33	1	1.00	1	1	3	1	2	3
K	0.2	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.3	0.33	0.33	0.33	1	1	1	1
L	0.2	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1	1	1	1	1
M	0.2	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.5	0.5	1	1	1	1
N	0.2	0.20	0.33	0.01	0.33	1.00	0.33	0.33	0.33	0.33	1	1	1	1

Modelar el cuadro de mando integral

Una vez realizado las comparaciones de alternativas contra todos los criterios, y determinando si el esquema inicial es consistente o no, se procedió a elaborar el diseño final del cuadro de mando, agregando la medida estándar solo de los indicadores que lo manejan como se observa en la tabla 12.

Tabla 12 Modelo final del cuadro de mando integral.

Dimensión	Objetivo	Indicador	Estándar
Financiera	Aumentar la utilidad.	Utilidad neta	Según giro y sector de la empresa
Financiera	Incrementar el retorno sobre la inversión.	ROI	Según giro y sector de la empresa
Financiera	Aumentar el flujo de efectivo	Flujo de efectivo	Según giro y sector de la empresa
Clientes	Reducir el tiempo de espera	Lead time (tiempo de espera)	Según giro y sector de la empresa
Clientes	Mejorar la satisfacción de los clientes	Calidad/RTY	99.9999%
Clientes	Mejorar los tiempos de entrega	Entregas a tiempo (OTD)	100%
Procesos	Aumentar la eficiencia de los procesos	OEE	>85%
Procesos	Mejorar los niveles de inventario	ITO	
Procesos	Optimización de los procesos productivos	Cpk	>1.67
Procesos		Ppk	>1.67
Personal	Reducir los riesgos de accidentes	IFA (accidentes)	0
Personal	Aumentar la satisfacción laboral	Promedio de horas de capacitación mensual	20 horas
Personal	Implementar actividades para el desarrollo profesional del personal	Cumplimiento de plan de competencias	100%
Personal	Reducir el índice de ausentismo	Tasa de ausentismo	0

3. Resultados

De la implementación de la metodología de Saaty, se obtuvieron los siguientes resultados. En primera parte se muestran los valores obtenidos de las ecuaciones 2, 3 y 4. Aplicadas para determinar la razón de consistencia de la matriz de comparación de pares de los criterios. El criterio de decisión para evaluar si la consistencia de es aceptable es la siguiente:

- $RC \leq 0.10$: Consistencia aceptable
- $RC > 0.10$: Inconsistencia.

Los valores de los índices de consistencia y aleatoriedad calculados fueron $IC = 0.027718665$ y $IA = 0.99$. aplicando entonces la ecuación 4 se obtuvo una razón de consistencia $RC = 0.027$. Dado este valor se considera que se encontró una consistencia aceptable para este caso. La tabla 13 muestra los resultados de las comparaciones por pares de las alternativas que se definieron en el esquema del cuadro de mando integral. El proceso de comparación se llevó a cabo 4 veces a razón de que no se lograba obtener una consistencia aceptable.

Tabla 13 Razón de consistencia de las matrices de comparaciones por pares de indicadores.

Criterio	IC	IA	RC
Cuantitativos	0.175	1.697	0.10
Accesible obtención	0.090	1.697	0.053
Fácil comprensión	0.141	1.697	0.083
Impacto estratégico	0.163	1.697	0.096

Por último, se identificó que las metodologías de lean manufacturing, seis sigma y teoría de restricciones utilizan indicadores clave de desempeño enfocados al seguimiento de los procesos o maquinas. Por lo que fue necesario desarrollar tres indicadores en la dimensión del *personal* dentro del cuadro de mando integral. Los cuales se presentan en la tabla 14.

Tabla 14 Desarrollo de indicadores para el modelo del cuadro de mando integral.

Dimensión	Objetivo	Indicador
Personal	Aumentar la satisfacción laboral	Promedio de horas de capacitación mensual
Personal	Implementar actividades para el desarrollo profesional del personal	Cumplimiento de plan de competencias
Personal	Reducir el índice de ausentismo	Tasa de ausentismo

4. Discusión

Del resultado de la ecuación 7 se puede determinar que la matriz de comparación de pares presenta una consistencia aceptable y se puede continuar con el proceso de análisis jerárquico. De la tabla 15 se puede aprobar el modelo del cuadro de mando integral, de acuerdo con que la razón de consistencia es aceptable comprados con los criterios de decisión que propone la metodología. [Saaty, 1990] propone un último paso, el cual consiste en encontrar cuales son las jerarquías de las alternativas en valores porcentuales. Sin embargo, para propósitos de la investigación no se requirió la obtención de dichos valores. Debido a que solo se pretende conocer si el modelo del cuadro de mando integral es coherente bajo los criterios establecidos. Es decir, si tiene consistencia.

Los autores [Galankashi., et al.,2016] en su investigación propusieron un modelo integrado de proceso jerárquico analítico difuso de cuadro de mando integral (BSC FAHP) para seleccionar proveedores en la industria automotriz, sin embargo, el

proceso diseño del cuadro de mando así como la selección de indicadores no se observa en su investigación. Por otro lado [Niebecker, 2009] en su tesis de doctorado propone un método diferente llamado collaborative project scorecard el cual tiene como propósito alinear los objetivos de la organización con las metas financieras de una organización. [Habidin., et al., 2012] en su investigación tiene como objetivo realizar una extensiva revisión de literatura para presentar una propuesta de la relación del sistema de control y el desempeño organizacional en la industria automotriz de Malaysia que sirva como base para el desarrollo de un cuadro de mando. [de Sousa., et al., 2014] únicamente utiliza las perspectivas o dimensiones del cuadro de mando para alinear los objetivos de la gestión de una cadena de suministro mediante una revisión de literatura siendo este su alcance. Actualmente existen pocos trabajos de investigación sobre el diseño de cuadros de mando en conjunto con metodologías de mejora continua, por lo que existe la oportunidad de complementar estudiando lo que se conoce como gestión del conocimiento, el proceso del pensamiento y el estudio del factor humano, de manera que se puedan generar resultados innovadores en un futuro.

Esta investigación muestra un método para el diseño de un cuadro de mando genérico que toma en cuenta la inclusión de indicadores financieros y no financieros, puede ser aplicado a cualquier organización, enfocándose en mejorar los métodos de evaluación del desempeño. El trabajo de investigación desarrollado por [Méndez & Méndez, 2021] refuerza esta idea concluyendo que el cuadro de mando tiene un efecto positivo en el desempeño de las organizaciones gracias a su adaptabilidad y flexibilidad. Incluso [Benková., et al., 2020] señala que el uso de indicadores no financieros en la gestión de las organizaciones todavía se encuentra en un nivel relativamente bajo.

5. Conclusiones

La implementación de la metodología de [Saaty, 1990] como método de evaluación, nos permite concluir que es posible utilizar variables cualitativas y cuantificarlas utilizando una escala de criterios, aplicado al diseño de un cuadro de mando integral. Este procedimiento puede tener un alto impacto significando una

contribución útil para las organizaciones, debido a que permite ahorrar tiempo en el diseño y planeación de un cuadro de mando, comparado con la metodología típica que ofrecen los autores [Kaplan & P., 1996]. Así como una importante contribución en aumentar la eficiencia de las evaluaciones del desempeño en una organización y mejorar la toma de decisiones. En otras palabras, este modelo de CMI puede ser de gran utilidad y se espera que de su implementación se obtenga un efecto positivo y necesario, por ello se recomienda llevar a cabo un despliegue práctico para evaluar la eficiencia del cuadro de mando.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] H. G. Pulido y R. d. I. V. Salazar, *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*, 2 ed., México: Mc Graw Hil, 2009, p. 500.
- [2] T. B. de Sousa, C. E. Soares Camparotti, K. F. Esposto, F. Müller Guerrini y R. Stefanutti, «Alignment of Balanced Scorecard Perspectives with Supply Chain Management Objectives: a Literature Review,» de XX International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Malaga, Spain, 2014.
- [3] L. C. Q. Beltrán y L. M. Osorio Morales, «Balanced scorecard como herramienta para empresas en estado de crisis,» *Revista CEA*, vol. 4, nº 8, pp. 125-152, 2018.
- [4] H. C. Cora, *Procedimiento para el mejoramiento de la evaluación del desempeño empresarial a partir de un enfoque basado en procesos. Caso de estudio Etecsa, Holguín, Cuba: Universidad de Holguín - Tesis de posgrado*, 2011.
- [5] J. C. Méndez y M. A. Méndez, «El Balanced Scorecard y su efecto en el desempeño de las organizaciones,» *Revista Espacios*, vol. 42, nº 23, pp. 66-77, 2021.
- [6] R. S. Kaplan y N. D. P., *Cuadro de Mando Integral*, 2 ed., España: Gestión 2000, 1996, p. 326.
- [7] T. L. Saaty, «How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process,» *European Journal Of Operational Research*, vol. 48, nº 1, pp. 9-26, 1990.

- [8] AENOR, Norma española UNE 66175, Madrid: AENOR, 2003, p. 30.
- [9] Benková, P. Gallo, B. Balogová y J. Nemeč, «Factors Affecting the Use of Balanced Scorecard in Measuring Company Performance,» *Sustainability*, vol. 12, nº 3, p. 1178, 2020.
- [10] K. D. Niebecker, Collaborative and cross company project management within the automotive industry using balanced scorecard, Australia: Universidad de Tecnología de Sidney - Tesis de doctorado, 2009.
- [11] M. R. Galankashi, S. A. Helmi y P. Hashemzahi., «Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard–fuzzy AHP approach,» *Alexandria Engineering Journal*, vol. 55, pp. 93-100, 2016.
- [12] N. F. Habidin, S. M. Yusof, B. Omar, S. I. S. Mohamad y S. E. Janudin, «A Proposed Strategic Balanced Scorecard Model: Strategic Control System and Organizational Performance in Malaysian Automotive Industry,» *Journal of Business and Management*, vol. 1, nº 6, pp. 39-44, 2012.