

Desarrollo, análisis e interpretación de indicadores de procesos aplicados a la cadena de suministros

Ricardo Moisés Lozano Ramirez

ricardo.lr@cuautitlan.tecnm.mx

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli
Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México

Francisco Javier Zendejas González

javier.zg@cuautitlan.tecnm.mx

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli
Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México

RESUMEN

El presente artículo representa el trabajo de Investigación para el desarrollo de modelaciones matemáticas, basadas en los principios del uso de la estadística inferencial, la programación de procesos y el uso de ratios de control, correlacionando los principales indicadores propios del desempeño industrial y logístico dentro de la cadena de suministros, tomando la información muestra de 2 empresas, la estructura de la investigación esta desarrolla desde el análisis de las bases operativas y los datos que se pueden obtener y rastrear de las diferentes áreas productivas, para generar el panorama matemático a través de los modelos estadísticos de trabajo, así como el estudio y la definición de los diferentes indicadores de desempeño dentro de los procesos industriales y logísticos, contando con los datos pertinentes del sector, finalmente el desarrollo, interpretación y análisis de la modelación matemática permitirá observar y analizar la toma de decisiones y estrategias para incrementar en la competitividad y mejora de la rentabilidad de la industrial, optimizar la gerencia productiva y la gestión logística con modelos de eficiencia siendo estos mecanismos observados para la planificación de las actividades internas y externas de la empresa a través del análisis de los indicadores.

Palabras clave: logística; cadena de suministros; indicadores; optimización

Development, analysis and interpretation of process indicators applied to the supply chain

ABSTRACT

This article represents the work of Research for the development of mathematical modeling, based on the principles of the use of inferential statistics, process programming and the use of control ratios, correlating the main indicators of industrial and logistics performance within the supply chain, taking the information sample of 2 companies. The structure of the research is developed from the analysis of the operational bases and the data that can be obtained and tracked from the different productive areas, to generate the mathematical panorama through the statistical models of work, as well as the study and definition of the different performance indicators within the industrial and logistics processes, counting on the relevant data of the sector, finally the development, interpretation and analysis of mathematical modeling will allow to observe and analyze the decision making and strategies to increase competitiveness and improve the profitability of the industrial, optimize productive management and logistics management with efficiency models being these mechanisms observed for the planning of internal and external activities of the company through the analysis of the indicators

Keywords: indicators, logistics, supply chain, optimization

Artículo recibido: 03 marzo 2022

Aceptado para publicación: 20 marzo 2022

Correspondencia: ricardo.lr@cuautitlan.tecnm.mx

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los últimos periodos y años actuales, las diferentes empresas y sus cadenas de suministro están buscando identificar, seguir y controlar el desempeño de sus procesos con el fin de garantizar niveles adecuados de la prestación de servicios a sus clientes, a través de la utilización de sus recursos disponibles y el cumplimiento de su plan estratégico, el cual les permita alcanzar sus objetivos y metas, dentro de las cuales se incluye la eficiencia de las operaciones industriales así como logísticas que impactan directamente en la gestión de la cadena de suministro.

El presente artículo es el resultado de la investigación y puesta en práctica del desarrollo de indicadores que impacten directamente en el análisis de un proceso de la cadena de suministro dentro de 2 casos tipo, donde en conjunto con el personal de estas empresas, se desarrolló el modelo matemático de ratios correlacionados (formulas), que brindan un dato de control porcentual el cual refleja el desempeño de un grupo de actividades que en conjunto con la interpretación analítica de los procesos se busca coadyuvar a la planeación estratégica en la toma de decisiones de las empresas.

El trabajo está desarrollado desde la fundamentación de la necesidad y viabilidad de construir fórmulas de control basadas en los indicadores y datos obtenidos de los historiales, pasando por la explicación teórica de la construcción de las modelaciones matemáticas y su importancia hasta la muestra, observación y definición de indicadores tipo y comunes.

La continuidad del trabajo se ve reflejado desde la construcción del conocimiento en los aspectos básicos hasta su implementación práctica, definiendo en la estructura las bases de la enseñanza matemática de la ingeniería hasta su puesta en práctica en los tres casos de estudio, partiendo de lo general a lo particular, donde se define el contexto de las empresas hasta la modelación de los ratios matemáticos propios de cada proceso y caso de interés en la cadena de suministros y su impacto en la toma de decisiones industriales y logísticas que puedan presentarse.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Actualmente, nuestras empresas encargadas de operaciones productivas o logísticas y sus departamentos que gestionan la cadena de suministros requieren de la identificación y medición del desempeño de los eslabones de las actividades industriales, de producción o logísticas, así como de abastecimiento y distribución a nivel interno (procesos) y

externo (satisfacción del cliente final). Sin duda lo anterior constituye un trabajo para la alta gerencia, puesto que el reconocimiento de los principales problemas y cuellos de botella que se presentan en la cadena productiva y logística permitirá analizar las actividades y labores que perjudican ostensiblemente la competitividad de las empresas en los mercados y la pérdida paulatina de sus clientes.

Las diferentes empresas del ramo o implicadas en estos procesos generan estrategias donde el manejo de datos e información se vuelve de vital importancia sin embargo, si los datos en realidad no son los indicados o no se encuentran bien especificados, los errores de cálculo de interpretación pueden producir tomas de decisiones erróneas, inclusive existe la posibilidad que el análisis de estos eslabones no se conozca o desarrolle de forma idónea en el continuo de la toma de decisiones, puesto que el manejo de los recursos no siempre es definido de forma correcta.

Uno de los factores determinantes para que todo proceso, llámese logístico o de producción, se lleve a cabo con éxito, es diseñar e implementar un modelo adecuado de indicadores para medir la gestión de estos, con el fin de que se puedan implementar en posiciones estratégicas que reflejen un resultado óptimo en el mediano y largo plazo, mediante un buen sistema de información que permita medir las diferentes etapas del proceso logístico, considerando que estos sistemas suelen ser de tecnología de punta o de transición de mejora.

Desafortunadamente en la industria dentro de los procesos y en algunas áreas, todavía existe una toma de decisiones mal planificada o que es ejecutada basada en pobres o nulos análisis de datos y variables de estudio, donde la Identificación, medición e interpretación de indicadores no se realiza de manera adecuada o sin un respaldo matemático, estadístico y operativo que sea capaz de arrojar un dato de relevancia estratégica, puesto que en algunas ocasiones los cambios o las gerencias actuales no consideran de todo los antecedentes e información previa.

De tal forma que sabemos que todas las actividades y operaciones tienen la capacidad de ser medidas y si se puede medir se pueden controlar, por lo que basado en esto, radica el éxito de cualquier proceso y no podemos olvidar: *"lo que no se mide, no se puede administrar"*. Es así como el adecuado uso y aplicación de estos indicadores en modelos matemáticos afinados a las necesidades de respuesta de cada empresa, así como los análisis de los programas de productividad, distribución y mejoramiento continuo en los

procesos logísticos de las empresas, serán una base de generación de ventajas competitivas sostenibles y por ende de su posicionamiento frente a la competencia nacional e internacional.

Ante la problemática general de la falta de medición de indicadores en esta presente investigación se contará con la información de tres empresas base, para ejemplificar la metodología ,diseño y generación de modelos de indicadores que permitan generar una toma de decisiones adecuada.

¿Los modelos de ratios matemáticos correlacionados basados en KPI's , son capaces de arrojar indicadores o resultados medibles de eficiencia para el análisis en la toma de decisiones de la industria productiva o logística en el proceso de mejora de las cadenas de suministros?

En la pregunta que se acaba de plantear se desarrollara en un inicio el análisis propio de diferentes procesos de la cadena de suministros a través de valores e indicadores KPI's , con el fin de determinar cuál o cuáles son los eslabones que impactan en el cambio de resultados de la eficiencia operativa y logística de las empresas, de tal forma que podremos observar cuales pueden considerarse como constates en la variabilidad de los datos de la industria, tomando una perspectiva de la gestión de la cadena de suministros en las actividades que impactan en determinados proceso basados el análisis en las estrategias de las relaciones entre las funciones empresariales de la logística y la relación entre sí mismas, partiendo del estudio de la programación de procesos, una correlación de variables y la regresión lineal de los datos de trabajo.

En función de la investigación y contando con la información pertinente con respecto al diseño y desarrollo de indicadores se procedió a generar los contactos con elementos clave de por lo menos tres empresas donde en colaboración se busca desarrollar con los datos propios de sus áreas de trabajo los modelos de ratios matemáticos conjuntos, esto a través de las siguientes fases de trabajo.

Fase 1: Primer contacto y entrevista.

En esta fase se explica y detalla la propuesta de investigación colaboración y desarrollo de trabajo se muestra una serie de diagramas que explican los pormenores del uso y diseño de indicadores.

Fase 2: Análisis estadístico descriptivo de los datos, Modelación y ejemplificación del indicador.

Se revisan los datos de trabajo y se desarrolla la estadística descriptiva necesaria para cada caso en particular, se observa la factibilidad del uso de las herramientas de análisis, el uso de los diagramas de dispersión y similares con el objetivo de identificar si la información proporcionada permite generar los cocientes de trabajo y se pueden construir indicadores factibles de interpretación.

Fase 3: Desarrollo del modelo conjunto, seguimiento y retroalimentación.

En esta etapa se desarrolla el modelo conjunto, evalúa el resultado obtenido y se emiten las conclusiones y recomendaciones particulares de los casos de estudio.

Considerando la protección de datos y la sensibilidad de la información y teniendo como fin académico la publicación del artículo, los datos presentados no serán referenciados a el nombre de la empresa, sin embargo se ocupara una descripción genérica del rubro de trabajo y de la metodología aplicada, donde uno de los objetivos en conjunto es mantener una sinergia de ganar- ganar puesto que se desarrollaran los indicadores base para construir el modelo matemático de ratios correlacionados, el cual tiene la principal ventaja frente a otras mediciones de que mide en un único indicador todos los parámetros fundamentales del proceso a estudiar y esto por medio de al menos tres coeficientes relacionados, de tal manera que el elemento clave podrá aplicar la mejor estrategia y toma decisiones basada en los resultados obtenidos.

Se realizan las entrevistas con los elementos clave que colaboran en el desarrollo del trabajo y en reunión se les muestra y explica los por menores sobre los tipos de indicadores y la modelación matemática de las ratios, donde se mencionan los datos e información estadística que se puede necesitar para realizar las proporciones.

Primer caso

Empresa dedicada a la producción venta y distribución del ramo alimenticio de lácteos y sus derivados, se procede a realizar el primer contacto con el elemento clave, explicar la metodología del trabajo y obtener los datos de seguimiento y control del caso.

La descripción de los modelos y la información se redacta a continuación.

Indicador, Modelo de la capacidad instalada.

Actualmente la empresa cuenta con un equipo de ultra pasteurizado con una capacidad de 18,000 litros por hora y una máquina envasadora con capacidad de diferentes formatos

en volumen, en donde su velocidad nominal es de 24,000 piezas por hora.

En términos generales se pueden producir 24,000 piezas de producto con 18,000 litros.

El horario laboral de la máquina es de 18.5 el resto del día se utiliza para lavados finales y para mantenimientos, lo que representa un 77% de horario de trabajo.

La capacidad instalada de producción puede generar los siguientes datos.

Denominaciones

CIP = Capacidad instalada de producción

TTE = tiempo de trabajo efectivo

PPP= Piezas producto producidas

PR= Producción real

Formula 1 de trabajo para el desarrollo del indicador

Capacidad instalada de producción = tiempo de trabajo efectivo X Piezas producto producidas

$$CIP = TTE \times PPP$$

$$CIP = 18.5 \text{ horas} \times 24,000 \text{ productos} = 444,000 \text{ Productos por jornada}$$

Indicador modelo uso de la capacidad instalada.

UCI= Uso de la capacidad instalada

$$\text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad instalada de produccion}} \times 100$$

$$\text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{PR}{CIP} \times 100 =$$

Una vez desarrollado el primer indicador se procedió a revisar los datos históricos de producción de 3 meses.

Donde se desea verificar si puede comprobarse para este caso la hipótesis nula donde se manifiesta que las producciones mes con mes pueden considerarse iguales. donde el símbolo μ representa el promedio de la producción mensual.

Hipótesis nula

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis alterna que define que los valores son diferentes entre sí.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

El medio de la aceptación de la hipótesis será a través del Análisis de varianza, los datos históricos se trasladaron al estudio, obteniendo la siguiente información.

Datos históricos en tabulaciones

	1 mes
1	347545
2	325149
3	234045
4	260345
5	224322
6	224047
7	254877
8	281952
9	389197
10	384893
11	277544
12	269882
13	366952
14	345234
15	348597
16	387999
17	237396
18	261038
19	258924
20	323520
21	374420
22	308873
23	311143
24	189935
25	311100
26	356087
27	359591
28	372296
29	377447
30	367805
Promedio	311072

	2 mes
1	221105
2	318353
3	360956
4	195384
5	223303
6	380123
7	305689
8	286469
9	309880
10	390491
11	373439
12	268281
13	400812
14	375424
15	208082
16	287203
17	384928
18	374104
19	260142
20	276829
21	331135
22	318329
23	192379
24	374705
25	407631
26	322161
27	254476
28	243906
29	222810
30	375043
31	387755
Promedio	310688

	3 mes
1	394420
2	218719
3	258272
4	202671
5	190928
6	240267
7	403503
8	320720
9	311553
10	278942
11	284516
12	319265
13	307894
14	410324
15	266196
16	371663
17	361157
18	280701
19	416850
20	193675
21	368552
22	363774
23	339957
24	317701
25	402560
26	199488
27	345787
28	381147
29	308636
30	342277
31	396504
Promedio	316084

Promedio de promedios	312615
------------------------------	---------------

Análisis de varianza**Tablas de análisis de Varianza de un Factor**

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	30	9332155	311071.8333	3461375804		
Columna 2	30	9243572	308119.0667	4589447432		
Columna 3	30	9402115	313403.8333	4778107242		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	420858137.1	2	210429068.5	0.049208093	0.952009485	3.101295757
Dentro de los grupos	3.72039E+11	87	4276310160			
Total	3.7246E+11	89				

Realizando un análisis de varianza de un factor para los productos envasados en los tres diferentes meses observamos lo siguiente:

La varianza de todos los meses es muy grande lo cual podremos observar en los comportamientos gráficos de los diagramas de dispersión y regresión lineal esto indica que dentro de cada grupo o mes son muy diferentes los niveles diarios de producción sin embargo como comparativo entre los meses el valor crítico de F es 3.1 y nuestro valor F es de 0.049 lo que indica que estadísticamente los meses son muy parecidos entre sí y no hay una alta diferencia entre ellos y esto lo podemos corroborar con la elaboración de los diagramas de Dispersión y sus ecuaciones que no indican que el comportamiento es muy similar, por lo que se comprueba la hipótesis nula.

Las pendientes y las ecuaciones, así como los valores que representan las ordenadas son muy parecidos si este comportamiento es regular en cada uno de los meses o en los trimestres analizados entonces el indicador de capacidad utilizada será similar lo cual podrá arrojar conclusiones y tomas de decisiones aplicables a los parámetros de estudio y a la predicción del comportamiento.

Se muestran a continuación las gráficas de Comportamiento lineal.

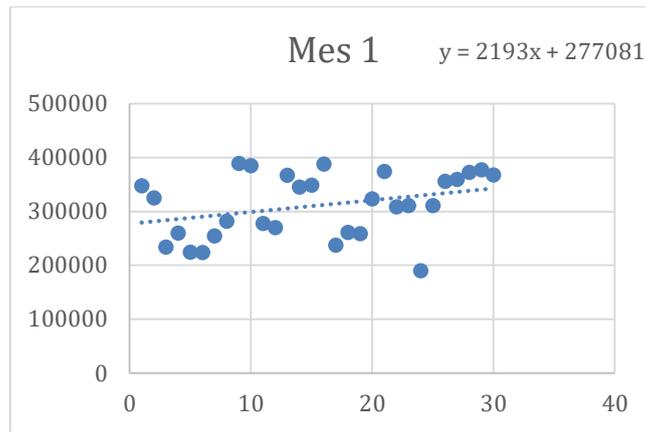
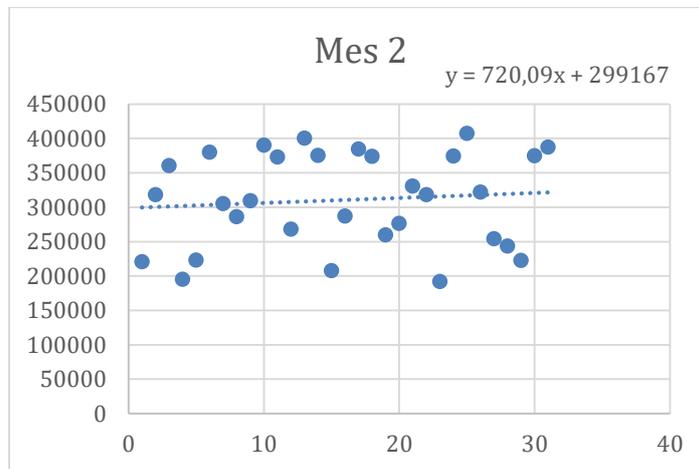
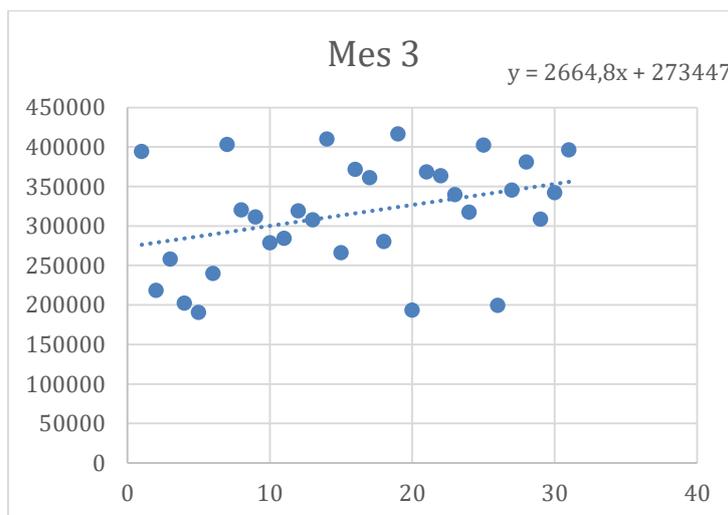


Figura análisis de regresión lineal



Análisis de regresión lineal



Análisis de regresión lineal

Ocupando los datos de cada mes y el general obtenemos lo siguiente.

$$1. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{311,072}{444,000} \times 100 = 70.06\%$$

$$2. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{310,668}{444,000} \times 100 = 69.97\%$$

$$3. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{316,084}{444,000} \times 100 = 71.19\%$$

General

$$4. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{312,065}{444,000} \times 100 = 70.28\%$$

En conjunto con el estudio estadístico de los promedios, el análisis de varianza y los diagramas de dispersión y la regresión lineal ,obtenemos que trabajamos un 70% de lo que podríamos hacer, y es aquí donde se llega a una primera conclusión y que impacta directamente en la toma de decisiones, porque si es bien sabido que no se va a vender más, entonces la capacidad instalada de producción esta sobrada en un 30%, por lo que no es necesario o las horas de trabajo indicadas de producción o los turnos y personal considerado.

Este indicador puede obtenerse diariamente, semanalmente , mensualmente, trimestralmente según la necesidad del reporte, pero hasta el momento los datos reflejan que se esté tiene una sobrecapacidad bastante considerable puesto que el objetivo es acercarnos al 100% y si no es posible vender más, no produciremos más, puesto que se sabe que se tiene la capacidad de producir más, pero realidad no buscamos producir menos, si no trabajar eficientemente.

Y esto nos da pie a comenzar a estructurar el siguiente indicador de productividad conocido.

Para poner el contexto del impacto de esto se presenta la siguiente información dentro del almacén de producto terminado se tiene una capacidad de 22,238 tarimas lo que equivale entre diez y doce días de inventario, al día salen en promedio 15 camiones lo que resulta en una semana de 105 y al mes alrededor de 120, tomando en cuenta que en esta planta se está trabajando al 70% de su capacidad si esto disminuye o aumenta las operaciones logísticas se ven afectada por lo que se tienen juntas semanales para revisar el manejo de todo lo que se gestiona, es importante entender que cuando los días de inventario bajan le van a pedir a producción incrementar y trabajar más, sin embargo es posible por el

indicador que observamos y de la misma forma en función de producción distribución debe planear lo que se va a entregar de forma correcta y adecuada en tiempo y forma.

Indicador Modelo de tiempo.

Denominaciones

ET= Eficacia del tiempo de trabajo

TP = tiempo Programado

TU= Tiempo utilizado

PD= producción diaria

CPD= Capacidad producida diaria.

$$\text{Tiempo programado} = \frac{\text{produccion real}}{24,000 \text{ piezas hora}}$$

Datos del promedio del primer mes

$$\text{Tiempo programado} = \frac{311,072}{24,000 \text{ piezas hora}} = 12.96 \text{ horas}$$

Eficiencia del tiempo de trabajo

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{12.96 \text{ horas}}{18.5 \text{ horas disponibles}} \times 100 = 70.05\%$$

Entonces actualmente se tiene una eficiencia de 70 % y se debe tomar en cuenta que esta eficiencia puede ser todavía menor por que pueden existir también en la maquina problemas mecánicos , eléctricos, falta de refacciones, (mantenimiento , proveedor) que reducen la eficiencia de trabajo.

Pero en una conclusión general no se aprovecha todo el tiempo, nuevamente hay sobrante de esta dimensión, y es tiempo que se paga, este indicador va directamente relacionado con el anterior y sus resultados son muy parecidos, si se realiza con cualquiera de los otros tres datos las respuestas esperadas serán muy similares ya que la variación de la información general es pequeña.

Indicador Modelo de calidad del producto.

En función de la producción se pasa a un área de calidad donde la producción diaria se coteja, es importante hacer notar que esto es diario e impacta en la labor del jefe de planta, aunque él no ejecute esta actividad, el indicador ya está definido, se reporta que el máximo

permisible es del 2% y la generalidad oscila entre el 0.05% y el 1.2% dando al final un indicador de calidad cercano al 98-99%.

Para el caso de la investigación el jefe de planta comparte el indicador del día anterior que le fue reportado.

IC= Indicador de calidad

$$\text{indicador de calidad} = \frac{\text{total de piezas en condiciones}}{\text{total de piezas envasadas}} \times 100$$

Producción del día 344678 piezas envasadas

Total, de piezas en condiciones 343966

$$\text{indicador de calidad} = \frac{343966}{344678} \times 100 = 99.79\%$$

El número de piezas sin condición es:

$$344678 - 343966 = 712$$

Este indicador se manifiesta, que es constante puesto que existe el mínimo permitido de productos sin las condiciones adecuada.

Cabe destacar que en el caso de estos productos pertenecer a una entrega, existen productos en existencia para cubrir la demanda ya que en las gestiones diarias de producción se consideran en días clave elementos que fungen de stock de seguridad, además que la producción diaria está estimada y pronosticada en la demanda con un factor de corrección del +,- 2 % de lo requerido.

Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 1.

En este punto del estudio del caso se han diseñado y definido dos indicadores de trabajo en el área de Planta y se tiene uno que es conocido, sin embargo el efecto de la aplicación esta dado en la correlación de los mismos, puesto que los tres indicadores en la naturaleza de su información y datos están estrechamente relacionados, pues es así el caso de la producción de piezas, el tiempo de trabajo y la calidad del producto producido y la relación de estos tres generan el indicador principal de trabajo denominado en esta ocasión Eficiencia Operativa, es importante mencionar que cada empresa define sus indicadores y relaciona aquellos que impactan directamente en el resultado de un proceso, este es un diseño exclusivo que mide la eficiencia operativa de esta planta.

EO= Eficiencia operativa.

UCI= Uso de la capacidad instalada.

ET= Eficacia del tiempo de trabajo.

IC= Indicador de calidad.

De tal forma que el indicador se define como:

$$EO = UCI \times ET \times IC \times 100$$

Tomando en cuenta nuestros resultados

$$EO = (0.7028) \times (0.7005) \times (.9979) = 0.4912 \times 100 = 49.12\%$$

Finalmente este resultado define la Eficiencia Operativa, donde en una primera instancia puede sorprender el resultado, ya que en apariencia se cumple con la producción, se cumple con la calidad y se cumple con el producto al cliente, pero se llega a olvidar los datos que al final nos están haciendo perder o no generar mayor ingreso ya que solo están produciendo el 70% de su capacidad real (sobre capacitado), solo se trabaja el 70% del tiempo que se debería trabajar (existe entonces un mayor pago de recurso humano por lo que realmente se hace.)

A partir de estos análisis es donde se debe realizar las recomendaciones o sugerencias pertinentes que en su mayoría tienen que ver con la redistribución del trabajo, del tiempo y del personal y que su vez no debe pensarse en el despido si no en el manejo correcto de los recursos, o en su defecto en la ampliación de la cartera de clientes y mercado, la cual también es otra alternativa puesto que se tiene la capacidad, el tiempo y el recurso humano para poder elevar los indicadores, y es aquí donde las estrategias de mercadotecnia y fuerza de ventas pueden jugar un papel importante.

Cabe destacar que este es un caso de estudio de un área de la empresa, tomando en cuenta indicadores y datos que tiene las personas que laboran en el área, pero pueden redefinir su información, se puede incrementar el modelo conjunto o cambiar los indicadores base, para buscar otro tipo de resultados y mejoras. **Segundo caso**

Empresa dedicada al ramo de la fabricación, confección, venta y distribución de blancos para el hogar

Indicadores Modelos de inserción y existencia.

Modelo de Producción bajo venta de demanda Fluctuante.

En función de lo comentado por el elemento clave se observa que se requiere un control de la inserción de los productos, que viene a representar el faltante de producto en tiendas o la necesidad del mercado pronosticada, para definir esta necesidad se presenta la siguiente información.

El 95% del producto debe estar en el mercado, pero este valor debe estar representado en el 75 % de lo que se tiene planeado de la demanda, para el caso de esta empresa.

Por lo que la fórmula para la inserción del faltante sería.

$$1 - \frac{\text{Existencias en el almacen}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semama mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} \times 100 =$$

La fórmula general de este indicador queda representada de esta manera y se explica con el siguiente Estudio.

Análisis a tres semanas de producto en el almacén.

Actualmente en el almacén se encuentran 800 artículos del producto colcha estampado verde SKU 236/2091 con un pronóstico mensual de venta de 1200 piezas, tomando en cuenta que el mes está dividido en 4 semanas productivas y el almacén debe tener 3 semanas de producto terminado tenemos que

$$\frac{3}{4} = 0.75 \text{ de inventario del producto en almacen de PT}$$

Por lo que se debe multiplicar el pronóstico de venta

$$\begin{aligned} & PRN * .75 \\ & 1200 * .75 = 900 \end{aligned}$$

Lo que indica que debe haber 900 productos con código SKU 236/209.

Por lo tanto, a través de una resta sabemos que hacen falta colocar:

$$800 - 900 = -100$$

Entonces se requieren producir 100

Conjuntando de manera completa el indicador para conocer el porcentaje de inserción que representa lo que se le debe al mercado tenemos que.

Indicador real

Formula completa

1

$$1 - \frac{\text{Existencias}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semama mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} \times 100$$

= *Incersión*

$$1 - \frac{800}{1200 * .75} \times 100 = 11.11 \% \text{ incersion}$$

Lo que indica que actualmente el almacén solo tiene 100% -11.11% el 88.89% de lo que debe tener, cuando se busca el 95% de existencia en almacenes de productos terminado.

Dando como resultado el indicador de existencia en almacén.

Tomado en cuenta que lo que se requiere producir “faltantes ” no debe de ser mayor al 5% , de tal manera que en este producto tenemos un faltante del 11.11% poco más del doble permitido, de tal manera que puede generarse un control para identificar por producto el límite mínimo permitido de existencia en el Almacén.

Estos valores impactan directamente en el área de producción y de manera consecuente en el seguimiento de proveedores y control de materia prima en el departamento de compras, puesto que la cadena de suministros depende de la demanda del cliente y de ahí hasta proveedores, generando un control de contexto de estudio inverso.

Indicador Modelo de cumplimiento de la empresa.

Este indicador se desarrolla y estudia en función del número de productos diferentes que tienen la empresa y el valor de los denominados ceros netos que vienen a representar el número de productos que en existencia están en cero, derivado de diferentes factores, como puede ser falta de materia prima, venta total del inventario, producción fallida, etc. para que sea considerado un Neto cero debe ser un producto que no está catalogado como discontinuado y que tiene aún una demanda existente y rentable, el objetivo de la empresa es tener un cumplimiento mínimo del 95%

Para definir el indicador se procede al siguiente análisis en función de los datos compartidos a la fecha del estudio.

Ratio de proporción de ceros netos contra total de productos, actualmente la fábrica produce 2091 artículos de los cuales en inventario 50 no tienen existencia, su proporción está definida por

$$\frac{\sum SKU}{\sum SKU "0"} = \frac{2091}{50} = \frac{100\%}{x}$$

Donde x representa el porcentaje de incumplimiento.

$$x = \frac{50(100\%)}{2091} = 2.39\%$$

Definido como un indicador de cumplimiento tenemos entonces.

$$\text{Cumplimiento de la empresa} = 100 - \frac{50(100)}{2091} = 97.60\%$$

Lo que nos permite concluir entonces que en el almacén falta el 2.4 % de productos en 0 total.

Considerando este indicador podemos definir también el máximo número de productos que puede permitirse la empresa tener como ceros netos, para representa un valor de 95% de cumplimiento.

$$\frac{2091}{CN} = \frac{100\%}{5\%}$$

Los ceros netos máximo permitidos están representados por:

$$CN = \frac{2091(5\%)}{100\%} = 104.55 = 105$$

Para nuestro caso de estudio debemos atender la producción de 50 productos y estos se deben manejar por prioridad de los estudios de demanda y el % de inserción que requieren los productos, tomando en cuenta que simultáneamente se va dando atención a los productos de mayor demanda y su valor de inserción que se requiere.

Indicador Modelo de la capacidad instalada.

Los siguientes datos representan los valores de control actuales, para los cuales la media de estudio está dada por metros cuadrados.

Capacidad instalada = 250,000 m² de telas semanales.

Capacidad acordada = 200,000 m² de telas internas semanales.

La capacidad acordada está definida por la Capacidad de almacén interno de surtido (materia prima) 200,000 m² semanales el cual está ligado al almacén central de materia prima.

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{200,000}{250,000} = 80\%$$

La capacidad instalada es el 80%, donde la limitante principal es la capacidad del almacén de surtido a producción, derivado de esto la empresa tiene dentro de sus planes de mejora continua identificar la posibilidad de aumentar el tamaño del almacén o prescindir también de equipo y personal, sin embargo, la situación actual en el país y de manera global provocada por el Covid-19 ha replanteado las prioridades y decisiones estratégicas de la empresa.

Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 2.

En el avance del caso se han diseñado y definido dos indicadores de trabajo en la empresa y se tiene mantiene uno que es conocido, con la información obtenida de los tres indicadores principales que son el de existencias, cumplimiento y capacidad instalada se puede generar el indicador principal de trabajo denominado Eficiencia Operativa.

EO= Eficiencia operativa.

IE= Indicador de existencias.

ICP= Indicador cumplimiento de la Empresa.

ICI= Indicador capacidad instalada.

De tal forma que el indicador se define como:

$$EO = IE \times ICP \times ICI \times 100$$

Tomando en cuenta nuestros resultados

$$EO = (0.9573) \times (0.976) \times (.80) = \quad \times 100 = 74.74\%$$

Por lo que el valor de la eficiencia Operativa para este caso es de 74.74% de tal manera que podemos definir nuevamente un valor de control que permitirá identificar y genera estrategias de mejora dentro de los procesos industriales y logísticos de la empresa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer caso.

Para el análisis del primer caso, tenemos que el resultado define la Eficiencia Operativa, donde en una primera instancia puede sorprender el resultado, ya que en apariencia se cumple con la producción, se cumple con la calidad y se cumple con el producto al cliente, pero se llega a olvidar los datos que al final nos están haciendo perder o no generar mayor ingreso ya que solo están produciendo el 70% de su capacidad real (sobre capacitado), solo se trabaja el 70% del tiempo que se debería trabajar (existe entonces un mayor pago de recurso humano por lo que realmente se hace.)

A partir de estos análisis es donde se debe realizar las recomendaciones o sugerencias pertinentes que en su mayoría tienen que ver con la redistribución del trabajo, del tiempo y del personal y que su vez no debe pensarse en el despido si no en el manejo correcto de los recursos, o en su defecto en la ampliación de la cartera de clientes y mercado, la cual también es otra alternativa puesto que se tiene la capacidad, el tiempo y el recurso humano para poder elevar los indicadores, y es aquí donde las estrategias de mercadotecnia y fuerza de ventas pueden jugar un papel importante.

Cabe destacar que este es un caso tipo de un área de la empresa, tomando en cuenta indicadores y datos que tiene las personas que laboran en el área, pero pueden redefinir su información, se puede incrementar el modelo conjunto o cambiar los indicadores base, para buscar otro tipo de resultados y mejoras.

Planteando los alcances del indicador el elemento clave se pretende realizar las mejoras en una primera etapa los siguientes valores de control

EO= Eficiencia operativa ≥ 70	
UCI= Uso de la capacidad instalada	≥ 85
ET= Eficacia del tiempo de trabajo	≥ 85
IC= indicador de calidad	≥ 99

Tabla resumen Eficiencia Operativa.

Seguimiento de indicadores.

Dando seguimiento al caso 1 se plantean de forma breve indicadores y control de datos que desea implementar y dar seguimiento, donde estos indicadores ya existen, pero se busca implementarlos para hacer más flexible y completo el modelo de ratios conjuntos y que estos impacten directamente al análisis de toda la cadena de suministros.

Análisis del rendimiento

$$\text{Rendimiento de la producción} = \frac{\text{Nivel de producción real}}{\text{Nivel de producción esperada}}$$

Cumplimiento del Fill-Rate

$$\text{Fill - Rate} = \frac{\text{Producción solicitada por el área de planeación}}{\text{Producción entregada}} =$$

En el caso específico de estos el área de producción sabe que cumple con un valor cercano al 99 % ya que todo lo que se les es demandado al área se produce y no se tiene problemas de falta de producción y tampoco se sobrepasa con una mayor producción por lo que insertar este análisis en conjunto con otros puede arrojar otros indicadores de efectividad Otro de los análisis que es de interés y que para el caso se describe pero no se desarrolla ya que estos datos no están actualizados al momento del estudio del caso es el indicador de Merma el cual pretende estudiarse desde el análisis y las pruebas de calidad de la materia prima que principalmente es leche y esta a su vez se tiene definida en tres protocolos, que son las mermas técnicas que tienen que ver con el mal diseño de procesos y control de actividades del insumo, las mermas operativas que tienen que ver con la falla del personal de operación y las máquinas de fabricación ,y finalmente las mermas de transporte el cual se mostrara el ratio de estudio.

Mermas operativas para considerar.

Mermas de envase, mermas de vitamina, merma de cultivo, merma de charola, merma de adhesivos, merma de bandas termo encogibles merma de concentrado de fruta merma de separador . Merma de enzima.

Indicador de Merma de transporte

$$\text{merma de transporte} = \frac{\text{volumen de leche recibido}}{\text{volumen de leche transferido}}$$

Y de la misma manera como el ejemplo conociendo todos los datos puede generarse un Indicador de modelo conjunto donde a su vez también se puede conocer el valor real de la merma al rastrear todo el proceso como puede ser:

Inventario inicial - recibo de leche - mermas técnicas- mermas operativas -producción entregada-mermas de transporte al área de anden – inventario final = merma de leche total, Finalmente el análisis y estructuración de todos estos datos nos darán resultados que inciden en los proyectos de mejora continua, donde es cierto que todos los indicadores tienen una importancia igual, solo diferentes contextos de resultados para llegar a las mejores respuestas y soluciones.

Con respecto al primer caso tenemos que la revisión de los indicadores deberá impactar en la evaluación anual al personal puesto que en función de las evaluaciones se puede gestionar los aumentos de acuerdo al cumplimiento de los objetivos planteados para el año, por tomar un ejemplo en esta empresa nos comenta el jefe de planta que a él y a sus supervisores se les programo el cumplimiento y la mejora del tiempo productivo así como la disminución de la merma y cumplimiento al presupuesto planeado, si ellos no cumplen esos objetivos van perdiendo puntos para su aumento, por lo que si la empresa dio un 10% de aumento salarial y tú tienes solo la mitad de tus objetivos, en lugar de darte el 10% te va a dar el 5% , pero también hay sanciones si no cumples y existen varias escalas como cumplió, o no cumplió, cumplió parcialmente, excedido el cumplimiento , por lo que sí está en no cumplió, los jefes tiene que hacer un plan de acción para que se pueda mejorar el desempeño y si no se cumple o se lo logra puede llegar hasta la recesión de contrato, por eso es importante encontrar todas las áreas de oportunidad, así como los objetivos de mejora continua, donde por lo menos debe haber un proyecto de mejora continua cada año, de tal manera que cada año se plantean los objetivos del siguiente año y se debe tener un proyecto de mejora continua en este caso este proyecto ya coadyubo a encontrar una área donde desarrollar un proyecto de mejora.

Segundo caso.

Con respecto al segundo caso, el estudio puede incluir más información que permita continuar analizando los modelos planteados, si es de cierto que previamente se manifestaron los resultados y conclusiones del estudio es impórtate analizar la siguiente información que impacta directamente en los procesos y en la forma de trabajar y presentar soluciones ante las situaciones que se pueden generar.

Si se desarrolla el análisis de la confección y producción, Actualmente se producen 23,000 piezas diarias en confección donde se trabajan 5 días hábiles.

$23,000 \times 5 = 115,000$ piezas semanales.

$200,000 \text{ m}^2$ de telas = 115,000 piezas de productos semanales.

En términos de materia prima se sabe que se requiere $200,000 \text{ m}^2$ por semana realizando el análisis al mes de 4 semanas $200,000 \text{ m}^2 \times 4$ semanas $800,000 \text{ m}^2$ mensual de materias primas.

El almacén de control de materia prima tiene capacidad de $2,400,000 \text{ m}^2$ lo que representa 3 meses de inventario.

El nivel de inventario de materia prima, la producción, el inventario de producto terminado y el seguimiento de la cadena de suministro dentro de esta empresa está definido a 7 meses, donde la forma de trabajo, control y seguimiento está dada por:

Un mes de compras de inventario por autorizar, una vez gestionado todas las necesidades de compras de materia prima que se requieren, se procede a la revisión de estas órdenes donde se identifica, revisa y autorizan la necesidades y compras a realizar.

Un mes de telas en fabricación en china, el principal proveedor de la empresa se encuentra en china y cada mes según las necesidades se solicita la materia prima que se desea adquirir de tal manera que en el momento de efectuar una nueva orden de compra ya se está terminando de producir lo que se requiere para los siguientes meses considerando que esto estará en tránsito durante un mes.

Un mes en tránsito de materia prima proveniente desde china, el análisis de materia prima desarrollado por el equipo de planeación debe incluir el tiempo de la autorización de la orden, la fabricación de esta y el tiempo en que tarda en llegar, de tal manera que, por citar un ejemplo, lo que se requiere comenzar a producir en el mes de junio se emitió la orden desde los últimos días de febrero o los primeros días del mes de marzo.

El almacén central de materia prima tiene capacidad de tres meses de inventario de materia prima con una cantidad de 2,400,000 m² de tela.

El almacén de producto terminado tiene capacidad de inventario para un mes de surtido, por lo que en conjunto con los demás procesos mencionados la gestión de aprovisionamiento de materia prima y el control de la cadena de suministro define una temporalidad de 7 meses, a continuación, se presenta un resumen:

Tiempo de control en meses					
1 mes	1 mes	1 mes	3 meses	1 mes	7 meses
Compras por autorizar	Fabricación china	Transito	Almacén de materia prima	Producto terminado	Total, tiempo del control

Tabla resumen del proceso del tiempo de control.

Dar continuidad a estos estudios y análisis en conjunto con lo que se ha desarrollado nos permite tener un panorama más amplio de la importancia de desarrollar indicadores que nos permitan medir la Eficiencia, Eficacia y Efectividad de nuestros Procesos.

4. CONCLUSIÓN O CONSIDERACIONES FINALES

Los parámetros usados en los escenarios muestra y casos tipo de análisis, fueron tomados en consideración según cada una de las situaciones industriales y logísticas de estudio descritas en el desarrollo, donde se tomaron en cuenta las diferentes actividades y datos que proporcionaron los elementos claves para estructurar los indicadores que les fueran funcionales para la toma de decisiones en sus áreas de alcance y labor, cada una de las empresas se compone de más departamentos y de diferente personal de mando, pero atendiendo los objetivos de la investigación y mostrando la capacidad para llevar la información documental a modelos de fórmulas matemáticas que pueden ser argumentados con datos y análisis estadísticos se pudo demostrar la formulación y aplicabilidad de los mismos para entender los diferentes comportamientos que tienen las empresas y la información que maneja.

Si es de cierto que muchas empresas usan diferentes indicadores según cada una de sus circunstancias, pocas lo hacen de manera conjunta con el objetivo de parametrizar más de un proceso que pueda calificar la eficiencia de todo un departamento o proceso de interés que desea ser supervisado, esto puede deberse al desconocimiento de cómo

llevarlo a cabo o redactarlo de forma adecuada en la gestión de la información y recursos que se tienen al alcance de las supervisiones o gerencias.

Una de las principales ventajas de la estructura y ejecución de la investigación es que puede ser llevada a cabo por diferentes empresas con tamaños de ejecución de actividades de distintos niveles, desde las que inician con operaciones de pequeña y media empresa hasta las que ya están consolidadas, puesto que cada actividad y función puede y debe medirse para tener un mejor control de sus operaciones y de su cadena de suministros.

Dentro de cada uno de los casos tipo se plantea a manera de conclusión y análisis de resultados las observaciones obtenidas y éstas se describen en las diferentes fases de cada uno de los trabajos desarrollados, por lo que no daremos una repetición particular de cada uno de los casos estudiados, sin embargo es importante hacer notar que esta forma de trabajo no está limitada por lo estudiado y acontecido en los resultados ya que debe darse un seguimiento y control así como sus respectivas actualizaciones y replanteamientos debido a que estos modelos y formas de trabajo deben adaptarse y ser flexibles a lo que pueda acontecer y suceder con el mercado, la economía y las demandas, así como los nuevos competidores y la aparición de las nuevas tecnologías.

La experiencia al constituir este trabajo queda exhibida en la comprensión y conocimiento adquirido de las diferentes formas de trabajo en las que se desarrolla cada una de las industrias y la flexibilidad que tienen los modelos matemáticos y la proporciones estudiadas en los ratios para arrojar información de interés que permitan sugerir o adecuar el pensamiento de una solución, donde sin lugar a dudas regresamos en el pensamiento al análisis de la problemática y a la demostración argumental de la hipótesis, donde el camino llevado a cabo con respecto del uso de estos ratios puede brindar diferentes puntos de vista para llegar a soluciones que consoliden el crecimiento de las empresas a través de una toma de decisiones basadas en resultados observables y comprobados.

Para el desarrollo de este Artículo fue necesario conocer diferentes conceptos administrativos, logísticos y operativos de trabajo que permitieran consolidar el pensamiento para estructurar cada uno de los indicadores de trabajo, dando seguimiento a la concepción e importancia del uso de las matemáticas y la estadística en la ingeniería, hasta la puesta en práctica de los indicadores a través del manejo de información adecuada.

Para efectuar de forma eficaz un control de calidad en la empresa se deben de identificar las actividades que son prioridad para mejorar su procesos, entre los que destacan la selección de la mejor ruta, el correcto cubricaje y selección de unidades de viaje, la implementación de tecnologías de trazabilidad y seguimiento en tiempo real, atención eficiente del cliente, uso de la nube de información y big data, medición de las franjas de entrega y la disponibilidad del cliente para recibir su entrega, etc. de tal forma que estructurando estos indicadores podremos obtener resultados que nos permitan tomar decisiones de en donde nos encontramos y así adónde vamos.

Cabe destacar que entre las actividades mencionadas una que se vuelve muy rentable en el análisis estadístico de los patrones de recepción de entrega, ya que los datos arrojados por parte de los clientes nos permiten identificar de qué forma se comporta la temporalidad de recepción de paquetes, puesto que con un estudio de datos se puede determinar en qué días, horas y bajo qué condiciones se tienen más entregas exitosas, eludiendo variables de entrega fallida, como el que no esté el cliente o exista una congestión de la vialidad en el traslado desde el ultimo origen hasta el destino marcado, la revisión de estos datos e indicadores nos permite definir de forma eficiente en qué momento podemos realizar la entrega exitosa y el análisis de estos parámetros a través de una correcta gestión de actividades y procesos permitirá mantener e incrementar los índices de calidad.

Al final la adaptabilidad, así como el seguimiento de las actividades y la mejora continua de la investigación radica en formular modelos operativos completos de la industria que cuenten dentro de sus labores todos los procesos básicos y de control de la cadena de suministros analizando más de tres indicadores conjuntos, donde cada una de sus proporciones reflejen un análisis completo para de las actividades a supervisar y gestionar.

5. LISTA DE REFERENCIAS

- Baca U., G. (2016). Evaluación de Proyectos. México: Mc Graw Hill Education .
- Ballesteros R., D. (2019). Contributions of the Logistics to sustainable development. *Scientia et Technica*, 171-176.
- Ballou H. (2004). Logística. Administración de la Cadena de Suministros. México: Pretince Hill.

- Barra R. (1983). Círculos de calidad en Operación ,Estrategia practica para aumentar la Productividad y las utilidades. México: Mc Graw Hill.
- Brito, M., Alemán, I., Fraga, E., Para, J. y Arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 129-139. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v14n2/im05211.pdf> [Links]
- Callejón s., M. (2007). I+D, innovación y política pública. *UOC Papers Revista sobre la sociedad del conocimiento*, 45-52.
- Candia., L. D. (2018). Mejoras en maquinaria Industrial hacia la industria 4.0. Congreso argentino de ciencias de la computación, comisión de investigación científicas de la provincia de buenos aires., 715-724.
- Camarena, P., Trejo, E. y Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como una propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, 11(especial). Recuperado de <http://www.polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/5562/5552> [Links]
- Chiavenato, I. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. Mc Graw Hill , octava edición.
- Collier A., D.; Evans R., J. (2019). *Administración de Operaciones*. México: Cengage.
- Frazelle.E, (2001) *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. The United State: McGrawHill Professional.:5P
- González C., F. (2007). *Manufactura Esbelta Principales Herramientas*. *Revista Panorama Administrativo*, 85-112.
- Grant L., E. (2000). *Control Estadístico de Calidad* . México: CECSA.
- Gutiérrez P., H. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: Mc Graw Hill Education.
- Kaoru I. (1987). *¿Que es el control total de calidad?* Colombia: Norma.
- Martínez R., L. (2019). *Logística Integral y Calidad Total*. KOINONIA. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación*, 202-234.
- Medrano M., J.A.; González A., V.L. ; Diaz D., V.M. (2018). *Mantenimiento*. Veracruz: Grupo Editorial Patria.
- Rodríguez, R. y Bourguet, R. (2015, junio). *Identifying modeling practices through differential equations and simulation*. Ponencia presentada en la 122nd SEE Annual Conference-Exposition “Building bridges between mathematics and

- engineering” en Seattle, Estados Unidos. Recuperado de <https://www.asee.org/public/conferences/56/papers/13153/view>
- Romo, A., Oktaç, A. (2007). Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la ingeniería. *Relime*, 10(1), 117-143. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v10n1/v10n1a6.pdf>
- Sierpinska, A., Nnadozie, A. y oktaç, A. (2002). *A study of relationships between theoretical thinking and high achievement in linear algebra*. (Reporte de investigación, Universidad de Concordia, Canadá). Recuperado de <http://alcor.concordia.ca/sierp/downloadpapers.html>
- Vásquez, R., Romo, A. y Trigueros, M. (2015, mayo). *Un contexto de modelación para la enseñanza de matemáticas en las ingenierías*. Ponencia presentada en la XIV CIAEM Conferencia Interamericana de Educación Matemática en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Villar, I. (1993): «PMC: programas y técnicas para la mejora integral y continua de la gestión empresarial», *Capital Humano*, n° 60, 42-47