



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MAESTRÍA EN MATEMÁTICAS
CON MENCIÓN EN MODELACIÓN MATEMÁTICA

Tema:

**PROPUESTA DE UN MODELO MATEMÁTICO APLICADO AL PRONÓSTICO
DE PRODUCCIÓN UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES
APLICADO A UNA FÁBRICA DE CAJAS DE CARTON CORRUGADO**

AUTOR:

Ing. Oscar Gonzalo Vargas Ortiz

Director TFM:

Msc. Jair Manuel Vistin Vistin

MILAGRO, abril de 2022

ECUADOR

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por el Sr. Oscar Gonzalo Vargas Ortiz, para optar al título de **Magister en Ciencias Matemáticas** y que acepto tuturar al estudiante, durante la etapa del desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, a los 29 días del mes de marzo del 2022

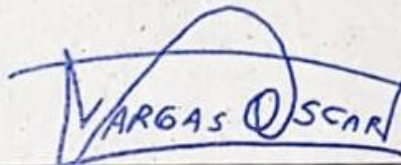


Ing. Jair Manuel Vistín Vistín. MSc.
C.I. 0201566155

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declarará ante el Consejo Académico del programa Maestría en Matemáticas de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de mi propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título o Grado de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 29 días del mes de abril del 2022


A handwritten signature in blue ink that reads "VARGAS OSCAR". The signature is stylized, with a large loop for the letter 'O' and a horizontal line crossing through the middle of the name.

NOMBRE: Ing. Oscar Gonzalo Vargas Ortiz
CÉDULA: 0917226003

CERTIFICACION DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN MATEMÁTICA MENCIÓN MODELACIÓN MATEMÁTICA**, otorga al presente proyecto de investigación en las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	57,00
DEFENSA ORAL	35,33
PROMEDIO	92,33
EQUIVALENTE	Muy Bueno



Phd. LEON PLUAS EDWIN EVARISTO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Mgs VISTIN VISTIN JAIR MANUEL
DIRECTOR/A DE TFM



SANCHEZ CASANOVA RICARDO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi esposa Mariuxi,
mis hijos Nicolas y Martin, a mi madre Lucy,
a mis hermanos Lissette, Bryan y Djalmar y en
especial a mi Padre Gonzalo que hizo de mi lo
dedicado que soy.

AGRADECIMIENTO

Recordemos que la investigación es una tarea en equipo, esta tesis no habría sido posible sin el apoyo incondicional de toda mi familia, para Uds. va este trabajo.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Señor Doctor
Fabricio Guevara Viejó
Rector de la Universidad Estatal de Milagro.

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue **"Propuesta de un Modelo Matemático aplicado al pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de cartón corrugado y que corresponde al Instituto de Posgrado y Educación Continua**

Milagro, 29 de abril de 2022

A handwritten signature in blue ink that reads "VARGAS OSCAR". The signature is enclosed within a rectangular box that has been drawn around it.

NOMBRE: Ing. Oscar Gonzalo Vargas Ortiz
CÉDULA: 0917226003

ÍNDICE GENERAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICACION DE LA DEFENSA.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRAC.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Delimitación del problema.....	7
1.3 Formulación del problema.....	7
1.4 Preguntas de Investigación.	8
1.5 Objetivos	8
1.5.1 Objetivo general.....	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
1.6 Justificación.	8
1.7 Conceptualización y operacionalización de variables.....	10
CAPÍTULO II	11
MARCO TEORICO.....	11
2.1 Marco teórico.....	11
2.1.1 Modelo matemático.....	11
2.1.2 Pronóstico de producción	14
2.1.3 Redes neuronales artificiales.	16
2.2 Marco conceptual	23
2.3 Marco referencial.....	26
CAPÍTULO III	28
MARCO METODOLÓGICO.....	28
3.1 Diseño de la investigación.....	28
3.2 Tipo de investigación.....	28

3.3	Tipo de muestra	28
3.4	Población y muestra	28
3.5	Instrumento de recolección de información.....	29
3.6	Análisis de resultados.....	29
3.7	Modelo de predicción por mínimos cuadrados	31
3.7.1	Regresión lineal para la producción de cajas planificadas	32
3.7.2	Regresión lineal para la producción real de cajas	32
3.7.3	Regresión lineal para la producción de cajas solicitadas	33
CAPITULO IV		35
PROPUESTA		35
4.1	Título	35
4.2	Objetivos	35
4.2.1	Objetivo general	35
4.2.2	Objetivos específicos.....	35
4.3	Alcance de la propuesta de modelo matemático	36
4.4	Diseño del modelo matemático	36
4.4.1	Regresión lineal propuesta para la producción de cajas planificadas.....	37
4.4.2	Regresión lineal propuesta para la producción real de cajas.....	38
4.4.3	Regresión lineal propuesta para la producción de cajas solicitadas.....	39
4.5	Evolución de la propuesta	40
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		42
BIBLIOGRAFÍA.....		43
ANEXOS		47
Anexo 1.....		47
Anexo 2.....		48
Anexo 3.....		49
Anexo 4.....		50
Anexo 5.....		51
Anexo 6.....		52

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1 Operacionalización de variable	10
Tabla 2 Base de datos de producción planificada, real producida, demanda del producto.....	30
Tabla 3 Diferencias frente a la producción planificada.....	30
Tabla 4 Porcentaje de exceso de producción frente a lo planificado	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de McCulloch-Pitts para una neurona artificial	19
Figura 2 Neuro Biología	20
Figura 3 Red perceptrón multicapa.....	21
Figura 4 Producción planificada, real producida, demanda del producto.....	31
Figura 5 Regresión lineal para la producción de cajas planificadas	32
Figura 6 Regresión lineal para la producción real de cajas	33
Figura 7 Regresión lineal para la producción de cajas solicitadas	34
Figura 8 Regresión lineal propuesta para la producción de cajas planificadas.....	38
Figura 9 Regresión lineal propuesta para la producción real de cajas.....	39
Figura 10 Regresión lineal propuesta para la producción de cajas solicitadas	40

RESUMEN

Establecer de un modelo matemático de pronóstico de producción basado en redes neuronales en una fábrica de cajas de seguridad modelo, fue el objetivo de la investigación, el mismo que permita superar la deficiente planificación de la producción. La metodología en el proceso investigativo se basó en un enfoque mixto, con una metodología cuasiexperimental el tipo de investigación por el propósito aplicada y por el nivel exploratorio: la unidad de investigación fue el análisis de caso a sientto la unidad de investigación 1 empresa dedicada a la producción de cajas de seguridad, el método de investigación fue el histórico y la técnica de investigación la observación documental. El principal resultado al que se legón es que en la empresa la planificación es ineficiente, hecho que mostro la necesidad de la estructura del modelo matemático de pronóstico de la producción, elemento que se transforma en la herramienta para la sostenibilidad de la gestión productiva de la empresa.

Palabras Claves: modelo matemático, pronóstico, producción, redes neuronales

ABSTRAC

Establishing a mathematical model of production forecast based on neural networks in a model safe deposit box factory was the objective of the investigation, the same one that allows to overcome the deficient planning of production. The methodology in the investigative process was based on a mixed approach, with a quasi-experimental methodology, the type of research applied by purpose and by the exploratory level: the research unit was the case-by-case analysis, the research unit 1 company dedicated to the production of safe deposit boxes, the research method was historical and the research technique was documentary observation. The main result is that in the company planning is inefficient, a fact that showed the need for the structure of the mathematical model of production forecasting, an element that becomes the tool for the sustainability of the productive management of the company. business.

Keywords: mathematical model, forecast, production, neural networks

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como propósito, identificar y proponer un modelo matemático aplicado al pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de cajas de cartón corrugado, para dar respuesta a los inconvenientes de las microempresas se dedican a la producción y comercialización de cajas, las mismas que muestran prevalencia de una secuencia de situaciones conflictivas tanto en la parte administrativa como operativa y de sostenibilidad en el mercado; este factor establece la necesidad de conceptualizar un modelo de pronóstico de la producción. Los inconvenientes señalados, se generan escasa exactitud en la planeación de la producción, en razón de la falta de un modelo de pronóstico de la producción. En la micro empresa sujeta a la investigación, no se visibiliza en sus reportes una acertada administración de la organización de la producción, la micro no ha involucrado en su operatividad proceso innovadores, no sistematiza la información por medio de un sistema informático al no contar con un programa especializado en planeación de la producción, ni tampoco cuentan con talentos humanos especialistas en esta área.

La investigación fija como objetivo la de estructurarle un modelo matemático de pronóstico de producción con base en redes neuronales en una fábrica de cajas de estabilidad modelo; caracterizar las propiedades de los elementos (variables) del modelo, integrando redes neuro habituales artificiales para fortalecer los componentes que inciden en la producción, comprender la variabilidad de los componentes que inciden en la configuración de la planificación de producción, basado a un eficiente pronóstico, utilizando redes neuronales artificiales para el proceso de desarrollo del modelo matemático es que con este modelo posibilite minimizar la brecha entre lo que la microempresa planea generar y la producción real , estableciendo resoluciones robustas; tomando en cuenta además que actualmente el mercado se ha vuelto bastante competitivo, por lo cual resulta bastante fundamental para la microempresa disponer de un instrumento que posibilite profetizar la producción, considerando los componentes que influyen, pudiendo de esta forma planificar correctamente las operaciones relacionadas en el proceso de producción.

Entre las bases epistemológicas están; modelo matemático al que (Montesinos & Hernández, 2007), define que es una de las herramientas que se utilizan para estudiar y analizar problemas en diversos campos del conocimiento. En el mismo sentido (Bocco, 2010) considera que es un escenario real, mediante el uso de características que describen su comportamiento o ecuaciones que representan su cooperación. Los pronósticos hoy en día se han convertido ahora en la principal fuente de información para estimar la demanda lo más cerca posible de los hechos del mercado, se puede reproducir con modelos probabilísticos que tienen en cuenta el problema de la previsión de la demanda para calcular las piezas necesarias es fundamental para diseñar modelos fiables y eficientes. (Sánchez, Barreras, Pérez, Figueroa, & Olivas, 2013); un modelo de pronóstico apropiado para aplicar en cada situación, deben tenerse en cuenta las diferencias existentes en el comportamiento de la demanda y la distribución en cada punto de distribución. (Saucedo, Pérez, Herrera, & Fernández, 2010). Las redes neuronales artificiales, son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático, cuyo sistema se basa en la interconexión de las neuronas biológicas del cerebro humano para resolver problemas.

La metodóloga se basó en un enfoque mixto, lo que permitió hacer un análisis de los procesos y significados de producción para la construcción y comprobación del modelo en base a la corriente cualitativa a través de fundamentos teóricos, y el análisis de producción e inventario considerante la corriente cuantitativa, la que llevo al proceso de comparación de la producción de las cantidades producidas, cantidades en inventarios, cantidades des pachachas y cantidades requeridas por el mercado de cajas de seguridad que actividad de la micro empresa, basado en la metodología cuasi experimental; el tipo de investigación para mejorar la producción fue la aplicada, y por el nivel de la se utilizó la investigación exploratoria, que genero la información, mediante un estudio de caso, de la microempresa dedicada a la producción de cajas de seguridad; la población está representada por 1 empresa, la recolección de la información se basó en un examen de la gestión operativa de la microempresa, a través de un análisis histórico de los datos y existentes frente a la producción, inventarios, distribución, demanda del mercado, con lo que en lo posterior se formula el modelo, con el que se pretende realizar un pronóstico de producción como parte de una planificación eficaz.

Para este análisis bases de datos de la producción de la microempresa, las publicaciones y otras fuentes bibliográfica, publicaciones tomadas del internet y en la internet, así también una entrevista a informantes claves del proceso de producción en la microempresa.

Del análisis histórico del quinquenio 2017-2021 se determina que dé se presenta una marca diferencia entre la cantidad planificada y a favor de la producción real, y que existe un déficit de productos en relación con la demanda solicitada por el mercado

Las conclusiones a la que llega el estudio son la situación actual de la microempresa se observó que la misma no utiliza un modelo de pronóstico de producción, lo que genera como consecuencia la baja rotación de inventarios de productos terminados, lo que lleva a una deficiente planificación ya que existe una incremento de cantidad de producción real frente a la planificada y que existe un déficit en la producción en relación con lo solicitado por el mercados, La creación del modelo de pronóstico de producción basada en redes neuronales es relevante para conseguir el buen funcionamiento de dichos modelos. la situación actual de la microempresa se observó que la misma no utiliza un modelo de pronóstico de producción, lo que genera como consecuencia la baja rotación de inventarios de productos terminados, lo que lleva a una deficiente planificación ya que existe una diferencia en más de cantidad de producción real frente a la planificada y que existe un déficit en la producción en relación con lo solicitado por el mercados, aspecto que determina la necesidad de contar con un modelo matemático de pronóstico de producción que se ajuste a la tendencia y patrón de la demanda actual del mercado de clientes aspecto que no toma en consideración la micro empresa. La creación del modelo de pronóstico de producción basada en redes neuronales es relevante para conseguir el buen funcionamiento de dichos modelos.

CAPÍTULO I

“Propuesta de un Modelo Matemático aplicado al pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de cajas de cartón corrugado”

1.1 Planteamiento del problema

Cuando se habla de la competitividad de las empresas, en especial referido a la actualidad los mercados es cada vez rígidlos en exigencia, competitivos y globalizados; mercados en el que surgen más organizaciones, preparadas para ofertar productos de alta calidad, en la que un elemento primordial es reducir los precios de venta a los clientes. Gracias a estas nuevas empresas que compiten en el mercados, es primordial, emprender de manera eficaz y sostenible las cadenas de producción; para ello se debe acertadas elecciones que permia dar al cliente productos e latísima calidad, con tiempos de entrega pertinentes y oportunos, en los que se deberán procesos de fabricación eficientes, hechos con los que se garantizará una mejora significativa de los recursos y precios accesibles de los productos, inventarios permanentes y entregan oportunas, o sea lograr una operatividad eficaz en la operación de la cadena productiva. La forma de activar la manera de elección que promueva y contribuya a una eficaz administración de la cadena de producción, las organizaciones, vinculan en sus procesos tecnología de avanzada y herramientas que les hacen ser más competitivos; referidas a estas herramientas se puede citar uno de ellos es lo modelos matemáticos, los mismos que hacen representación del problema y contribuyen a buscar soluciones óptimas lleva a la consecución de los fines y posibilitando n las empresas un crecimiento sostenible.

El diseño y la aplicación de buenas tácticas para mejorar la eficiencia del sistema de producción pudiera ofrecer sitio a una potencial aumento y calidad de la producción en las organizaciones, atreves de un eficiente control y coordinación en la producción, para eso estas necesitan del diseño de planes óptimos ajustándolos según los patrones de pronósticos de producción a través de procesamiento de datos y modelización, la validación, añadidura y estudio de datos, ingeniería de control, monitorización de sistemas informáticos y manipulación de robots elementos de la aplicación de las redes neurológicas artificiales.

Los problemas de las microempresas se dedican a la producción y venta de cajas de seguridad a mayoristas en la ciudad de Guayaquil, muestran la prevalencia de una serie de situaciones conflictivas tanto en la parte administrativa como operativa., productiva, financiera y de sostenibilidad en el mercado., factores que inciden en la económica de las empresas;; elementos conflictivo que determina la necesidad de un modelo matemático de pronóstico en el área de la producción, como un intento por reducir la incertidumbre respaldado la toma de decisiones en base a parámetros técnicos y modelaciones que va más a la de la intuición de los empresarios..

La empresa considerada en este análisis se dedica a la fabricación de cajas de seguridad; en su gestión operativa y productiva viene presentando problemas respecto a las cantidades en los planes de entrega de productos. Esto ha hecho que la empresa en muchas ocasiones incurra en el trabajo de horas extras con la finalidad de cumplir con los volúmenes de ventas establecidos., este elemento determina la necesidad de definir un modelo de pronóstico de la producción.

Si bien es cierto que todos los administradores conocen la importancia de planificar en la empresa; es sabido también que los administradores en la mayor parte de veces desconocen la fortaleza e importancia verdadera de elaborar y contar con pronósticos confiables en esta área; Una inadecuada planificación de la producción ha conllevado a que se den atrasos e incumplimientos en los tiempos de entrega comprometidos; es ha llevado a que la microempresa en su afán de cumplir con los plazos de entrega, el producto despachado presente baja calidad, es decir la producción presente ciertos defecto que en ocasiones no manifieste su impacto en la funcionabilidad, pero con alto nivel de afectación en la imagen estética del producto, lo que lleva de mermar la competitividad y pérdida de clientes.

Los problemas señalados, se producen debido a la inadecuada o poca precisión en la planificación de la producción, en razón de la ausencia de un modelo de pronóstico de la producción, En este sentido en la empresa "un pronóstico es una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo -o un conjunto de estimados- acerca de la probabilidad de eventos futuros que se elaboran en base en la información de interés en su dimensión pasada y actúa" (Torres, s.f).

El área de producción no se visibiliza en sus reportes una acertada gestión de la planificación de la producción, la micro no ha involucrado en su operatividad procesos innovadores, no sistematiza la información a través de un sistema informático al no disponer de un software especializado en planificación de la producción, ni tampoco cuentan con talentos humanos especialistas en esta área.

Así también se debe considerar que esto ha causado que en la actualidad la rentabilidad de la microempresa se vea afectada y disminuya el margen de rentabilidad y productividad, tanto en los márgenes de productividad, ventas y rentabilidad, en razón del incremento en gastos por el pago de horas extras a sus trabajadores, lo que da como resultado que poco a poco ha empezado a perder liquidez, y la disminución de los activos.

El impacto en la microempresa por efecto de no poder satisfacer con la demanda del mercado, está empezando a perder presencia en el mismo, lo que está dando como resultado la pérdida de posición, acción que se ve favorecida la competencia al captar a los clientes que antes eran tradicionales para la microempresa; este indicador muestra la necesidad de establecer estrategias a largo plazo, dando valor a los procesos, mediante la estructura del modelo matemático de pronóstico de producción fundamentado en las redes neuronales artificiales.

La inadecuada planificación de producción se puede corregir usando adecuado modelo de pronóstico de producción, que permita establecer acciones eficaces de la programación en la producción, lo que permitiría a su vez a que la empresa optimice sus recursos tanto de materia insumos. como de mano de obra, lo que finalmente se transcribe para la empresa optimice los recursos, que impacte en la reducción de los costos en el proceso de producción de la empresa. Es por ello que se plantea el uso de redes neuronales artificiales para el proceso de desarrollo del modelo matemático que permita reducir la brecha entre lo que la microempresa planea producir y lo realmente puede producir, estableciendo soluciones robustas y de fácil implementación

La principal ventaja del uso de redes neuronales artificiales en torno a su aplicación en el análisis de datos en torno a la aplicación en el ámbito del análisis de los datos; esta facilita determinar las relaciones lineales, así como las no lineales no

lineales entre las variables de entrada y salida, así también admite un mejor escenario de trabajos cuando confluyen multivariadas en sus procesos, a través de los valores de las variables tomadas de conductas activas, el análisis de supervivencia de para la gestión, así como el estudio de aquellas variables de entrada en una red neuronal.

1.2 Delimitación del problema

Llevar a cabo una efectiva planificación o pronóstico nos posibilita definir la cantidad de producción se va a generar, la cantidad de talentos humanos que se debe contemplar, presupuestos y los materiales o todo el fragmento de mercancía; para de esta manera conseguir una administración provechosa del comercio, implementado estrategias administrativas en la empresa; del estudio de la de producción y su comparación con los volúmenes estimados en la organización se consigue decidir existente elevados niveles de variaciones. Dicha diferencia se debería a que el modelo usado para presagiar la producción es ineficiente, además que no hay una eficiente organización y una positiva interpretación datos recolectados; del análisis de la de producción y su comparación con los volúmenes estimados en la planificación se logra determinar que existe altos niveles de variaciones.

Estas variaciones ocasionan por la existencia fluctuaciones en los volúmenes de producción de las cajas de seguridad. Esa diferencia se debe a que el modelo utilizado para pronosticar la producción es ineficiente, además que no existe una eficiente planificación y una efectiva interpretación datos recolectados. El trabajo de investigación se centra en reducir la diferencia que existe entre la producción planificada y la real efectiva, para ello la principal fuente de información son los históricos de producción, en el que además se incluirá otros factores que afectan al correcto desarrollo de la planificación, como el tiempo de para de las máquinas programadas.

1.3 Formulación del problema

¿En qué medida las redes neuronales artificiales contribuirán para el establecimiento de un modelo matemático de pronóstico de producción en una fábrica de cajas de cartón corrugado?

1.4 Preguntas de Investigación.

- ¿Qué características epistemológicas integran los componentes del modelo matemático que incluya redes neuronales artificiales para identificar aquellos factores que participan en la producción de cajas de cartón corrugado?
- ¿Es posible identificar de la variabilidad de aquellos factores que participan en la producción de cajas de cartón corrugado?
- ¿Qué componentes integran un modelo matemático de pronóstico de producción de cajas de cartón corrugado, utilizado Redes Neuronales Artificiales?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Formular un modelo matemático de pronóstico de producción basado en redes neuronales en una fábrica de cajas de seguridad modelo

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características de los componentes (variables) del modelo matemático que incluya redes neuro normales artificiales para identificar los factores que inciden en la producción de cajas de cartón corrugado;
- Determinar la variabilidad de los factores que inciden en la configuración del plan de producción de cajas de cartón corrugado;
- E un modelo matemático de pronóstico de producción de cajas de seguridad, utilizado redes neuronales artificiales modelo 90SS

1.6 Justificación.

El presente trabajo tiene su origen en que, en la microempresa dedicada a la producción de cajas de seguridad, vive circunstancias conflictivas en el cumplimiento de los tiempos de entrega de los productos a consecuencia de una inadecuada planificación de su producción, lo que ha llevado a problemas en el aspecto económicos de la empresa en razón que no cuenta con un modelo matemático que pronostique la producción basados en modelos de redes neuronales artificiales. La importancia de establecer un modelo matemático es que este sistematiza una mejor

comprensión y descripción de las actividades, presenta componentes y expresa relaciones que no se consideran en la planificación actual, y el establecimiento del modelo hace posible que ataque a la situación problematizada de manera total considerando paralelamente todas las variables las que se manifiestan en el problema.

El interés de plantear el uso de redes neuronales artificiales para el proceso de desarrollo del modelo matemático es que con este modelo permita reducir la brecha entre lo que la microempresa planea producir y lo realmente puede producir, estableciendo soluciones robustas y de fácil implementación; considerando además que en la actualidad el mercado de cajas de seguridad se ha vuelto muy competitivo, por lo que resulta muy importante para la microempresa el poder contar con una herramienta de planificación que permita pronosticar la producción, tomando en cuenta los factores que influyen, logrando así programar adecuadamente las operaciones involucradas en el proceso de producción. La factibilidad de la propuesta tiene como base el avance de los procesos de innovación para los proyectos industriales.

La trascendencia del modelo matemático orienta al desarrollo de sostenible de la empresa en base a procesos tecnológicos, mediadores para la creación e implementación de nuevas ideas, que inciden en la producción, la capacitación de los talentos y fortalecer el en al ámbito económico; a través del procesamiento de datos y modelización, la validación, añadidura y estudio de datos, ingeniería de control, monitorización de sistemas informáticos y manipulación de robots elementos de la aplicación de las redes neurológicas artificiales. Lo beneficiarios directos son la empresa en su concepto, los actores sociales de la empresa; los beneficiarios indirectos la masen de clientes

El modelo radica en mejorar los procesos de planificación para la producción que la empresa mejore su imagen, reducir sus costos, altos inventarios, movimientos activos y dinámicos, mejorar los costos oportunidad al satisfacer la demanda que exige el mercado, acciones con la que la microempresa maximizara la capacidad instalada, y expansión a nuevos nichos de mercado, proporcionando valor al cliente y negocio.

1.7 Conceptualización y operacionalización de variables

Variable independiente: redes neuronales artificiales

Variable dependiente: Modelo matemático pronóstico

Tabla 1 Operacionalización de variable

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Técnica
Independiente: redes neuronales artificiales	Son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático, cuyo sistema se basa en la interconexión de las neuronas biológicas del cerebro humano para resolver problemas	Valor de admisión (resultado que se acepta según la validación de la red). Valor del error cuadrático medio (error de entrenamiento de la red).	Prueba de ajuste Valor dado por la red
Dependiente: modelo de pronóstico	Es un modelo de estimación cuantitativa o cualitativa de uno a varios factores (variables) componentes que integran un evento futuro, con sustento en información actual, o del pasado, (el pronóstico es la cantidad de cajas de cartón corrugado que debe de producir la empresa)	Cantidad del número total de datos Máximo valor (el número que representa a la cantidad mayor). Mínimo valor (el número de datos de menor cantidad)	Registro de datos históricos

Fuente: (Villareal, 2016)

Elaborado por: El autor

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Marco teórico

2.1.1 Modelo matemático

El trabajo con los modelos matemáticos posibilita una mejor explicación y comprensión de los hechos en lo que aparecen factores, así también el descubrimientos de relaciones que no se encuentran en otro tipo de modelos . Entre los diversos tipos de modelos tienen la posibilidad de nombrar los analógicos, físicos, gráficos, esquemáticos y matemáticos y descubre relaciones que no se aprecian en otro tipo de modelos. Esto hace viable que se necesite del problema en su integridad y posibilita tener en cuenta al mismo tiempo cada una de las cambiantes del problema. Estos los diversos tipos de modelos tienen la posibilidad de nombrar los analógicos, físicos, gráficos, esquemáticos y matemáticos (Birito, Alemán, Fraga, Para, & Arias, 2011)

Una serie de modelos matemáticos fueron construidos en cada una de las ciencias tanto físicas, como biológicas y sociales. Es natural que los modelos matemáticos sean modelos de afinidad inconclusa, o sea, que reflejan únicamente varias características del objeto modelado. Por otro lado, la construcción de modelos matemáticos no necesita significativos costos materiales y la ejecución del propio proceso de modelación con ayuda de los modernos medios de cómputo posibilita efectuarla en un periodo subjetivamente diminuto (Birito, Alemán, Fraga, Para, & Arias, 2011).

En un modelo matemático está establecido un conjunto o de interacciones (de igualdad y/o de desigualdad) definidas en un grupo de cambiantes que reflejan la esencia de los fenómenos en el objeto de análisis. Un modelo matemático en la práctica “M” es una escrituran, en el que “R” es el conjunto o grupo de relaciones de la variable (Birito, Alemán, Fraga, Para, & Arias, 2011).

El desarrollo de modelos matemáticos es una de las herramientas que se utilizan para estudiar y analizar problemas en diversos campos del conocimiento; El propósito de los modelos matemáticos es poder explicar, describir y predecir

fenómenos y procesos en diversos campos del conocimiento (Montesinos & Hernández, 2007). Otra definición de modelo matemático es la que se considera que es aquella representación resuelta en base a parámetros matemáticos, de un determinado fenómeno o de aquellas relaciones entre estas variables; campo del conocimiento de la matemática, que trata el análisis de las características, así como también de la estructura de los modelos, campo que se le conoce como “teoría de modelos” (Roldan, s.f.)

Uno entre los principios fundamentales del modelado matemático es aportar a la comprensión de los fenómenos del mundo que nos rodea, sin embargo, al comenzar a modelar, es necesario saber seleccionar y definir de manera sistemática las variables. En efecto, debido a que los fenómenos reales en cuestión son tan complejos, su estudio requiere diferentes enfoques y ha dado lugar a diferentes ciencias que han evolucionado a lo largo de los años y siglos hasta alcanzar la cúspide de la expresión actual. El modelado matemático o modelado matemático es el proceso lógico de crear modelos matemáticos para representar fenómenos de la humanidad (Cervantes, 2015).

Un modelo matemático se define como un modelo simplificado de un escenario real, mediante el uso de características que describen su comportamiento o ecuaciones que representan su cooperación. Para poder estudiarlo, la modelización matemática comienza por identificar los puntos primitivos o deterministas del sistema y caracterizarlos con expresiones matemáticas (Bocco, 2010). Una definición técnica del modelo de modelo matemático , “es un modelo que utiliza fórmulas matemáticas para representar la relación entre distintas variables, parámetros y restricciones” (Roldan, s.f.)

Para observar el sistema, el modelo matemático comienza identificando los puntos primitivos o deterministas del sistema y describiéndolos mediante expresiones matemáticas. La iniciativa en acción es descubrir un equilibrio entre la simplicidad y la reproducción del comportamiento que permita comprender, probar, predecir y ajustar el costo de los cambios que describe y la respuesta del sistema en su grupo (Bocco, 2010).

Es importante señalar que el modelo matemático se define de hecho por las relaciones que tiene entre sí. Estas relaciones son independientes de los datos ingresados en el modelo matemático, porque un modelo matemático puede usarse para diferentes situaciones y en diferentes contextos (Aravena, Caamaño, & Giménez, 2008). La victoria o el infortunio de los modelos matemáticos es un reflejo de la precisión con la que dicho modelo matemático representa el objeto original, no de la precisión con la que las matemáticas analizan el modelo (Rodríguez & Steegmann, 2012).

La matemática permite el desarrollo de modelos que permitan una mejor comprensión, simulación y predicción del fenómeno en estudio. Los modelos se pueden construir en términos generales, tales como: expresiones o fórmulas numéricas, gráficas, gráficas o representaciones geométricas, ecuaciones algebraicas, tablas, programas de computadora y más. Por otro lado, una vez que se propone un modelo, es el resultado de estimaciones realizadas para tener una mejor comprensión del fenómeno, sin embargo, dichas estimaciones no corresponden a la realidad para siempre (Salett & Hein, 1999).

Cabe indicar que los modelos matemáticos son empleados pancillamente para examinar la interacción de 2 o más variables. Aunque parezca un criterio teórico, realmente hay varios puntos de la vida diaria regidos por los modelos matemáticos. Pasa en esto en aquellos modelos matemáticos conducente a teorizar. A la inversa, son modelos matemáticos formulados para que algo funcione (Roldan, s.f.).

El valor del modelo matemático se sostiene en que este es parte constituyente del lenguaje de modelación, por todo aquello, es el sostén simbólico con el apoyo en el que se las normativas que sustenta al objeto del trabajo. Por consiguiente, debería conceder valoración prioritaria a la construcción a la acción de modelar usando el lenguaje y los conceptos de las matemáticas, basados en la alta capacidad de descifrar modelos ya construidos todo esto en base teorías y conceptos de la matemática. Estos contribuyen a la mejora de la aprehensión de los conceptos matemáticos; desarrolla la capacidad para leer, interpretar, formular y solucionar situaciones-problema; estimula la creatividad en la formulación y resolución de inconvenientes, (Birito, Alemán, Fraga, Para, & Arias, 2011).

2.1.2 Pronóstico de producción

Los pronósticos de venta de la producción se han convertido ahora en la principal fuente de información para estimar la demanda lo más cerca posible de los hechos del mercado. La aleatoriedad inherente a la mayoría de los mercados se puede reproducir con modelos probabilísticos más intensivos en computadoras que en el pasado. El carácter integral de las resoluciones que tienen en cuenta el problema de la previsión de la demanda para calcular las piezas necesarias es fundamental para diseñar modelos fiables y eficientes (Sánchez, Barreras, Pérez, Figueroa, & Olivas, 2013).

Los procedimientos de los pronósticos (planificación) de producción ya se a mediano o largo plazo operan puntos de manera general, esto debido a que en estos se aplican procesos administrativos que promueven la idealización de los productos, productos, los procesos y las plantas. En lo relacionado con los pronósticos un plazo corto suelen ser más de aquellos formulados a largo plazo, esto debido a que los elementos que imbuyen en la demanda estos cambia a menudo uno y otra vez y al extender la línea del período de tiempo del pronóstico, va a ser altamente posible que se vea afectada en la precisión. (Motemayor, 2013). Montemayor referido al entorno de personal, plantea una pregunta “¿si no se pronosticara la demanda?” a la que responde mediante una ejemplarización, en el que sostiene que al no definir un pronóstico de demanda, es seguro que se deba despedir y contratar personal, sin anticipación de aviso previo.

El pronóstico es formular un enunciado que se pretende lograr en un futuro, el pronóstico es usado para la idealización teniendo en importancia que no se debe confundir meta con pronóstico, como habitualmente se hace. El pronóstico es lo cual se espera mirar según las tácticas recientes de la organización y la meta es lo cual se quiere mirar, tal cual si el pronóstico está por abajo de la meta la organización deberá hacer ajustes en sus tácticas o en sus metas para que sean alcanzables (Motemayor, 2013) .

Hay diferentes factores a considerar al elegir un modelo de pronóstico apropiado para aplicar en cada situación, deben tenerse en cuenta las diferencias existentes en el comportamiento de la demanda y la distribución en cada punto de distribución (Saucedo, Pérez, Herrera, & Fernández, 2010).

Los procedimientos (métodos) usados para la predicción integran series de tiempo, regresión lineal y múltiple y procedimientos cualitativos. Las series de tiempo y la regresión son técnicas estadísticas o procedimientos cuantitativos que usan datos históricos de demanda para pronosticar la demanda futura (Perez, Mosquera Sanchez, & Bravo, 2012).

Los procedimientos utilizados para inferir la demanda dependen de una serie de componentes, tales como: la viabilidad de los patrones de tendencia y la estacionalidad, pero, sobre todo, el comportamiento de la demanda y la razón. Entre los procedimientos utilizados para la heurística, se encuentran las series de tiempo, la regresión lineal y múltiple y los procedimientos cualitativos, (Saucedo, Pérez, Herrera, & Fernández, 2010).

La serie de tiempo y la regresión es una técnica estadística o un procedimiento cuantitativo que utiliza datos históricos de demanda para predecir la demanda futura. Los procedimientos cualitativos utilizan el juicio profesional para realizar pronósticos. Son varios los componentes a considerar a la hora de elegir un modelo de pronóstico adecuado a utilizar en cada situación, los cuales deben tener en cuenta las diferencias que existen en el comportamiento de la demanda y la distribución desde todos los puntos de vista de la distribución (Saucedo, Pérez, Herrera, & Fernández, 2010).

Las decisiones sobre la capacidad y la ubicación, así como la selección de los procesos y equipos de producción, son el primer paso para tratar de lograr un equilibrio entre la demanda y la producción a largo plazo. Sin embargo, a corto plazo, la variabilidad de la demanda es mucho mayor y es necesario tomar medidas adicionales para abordar el problema. Eso es exactamente lo que son las tareas de planificación y programación de la producción (Escobar, Díaz, & Taracena, 2010).

Pronóstico de producción: “es un procedimiento objetivo, en el que se utiliza información recabada en determinado tiempo, para predecir el futuro”. El pronóstico es una técnica que posibilita pronosticar lo cual ocurrirá en el futuro, dependerá de los cambios en las cambiantes externas al sistema de producción. Por qué se requieren los pronósticos en la compañía el propósito vital de un pronóstico se apoya en minimizar el rango de incertidumbre dentro del cual se toman las elecciones que están afectando el futuro del comercio con él a cada una de las piezas relacionadas. Aunque, el pronóstico no reemplaza el juicio administrativo en la toma de elecciones, sencillamente es una ayuda en aquel proceso, (Reyes, 2017)

2.1.3 Redes neuronales artificiales.

Las redes neuronales son solo otra forma de imitar ciertos rasgos humanos, como la capacidad de recordar y asociar hechos. Si miramos detenidamente los problemas que no pueden ser expresados por un algoritmo, veremos que todos tienen una cosa en común: la experiencia. Las personas pueden lidiar con estas situaciones utilizando la experiencia acumulada. Así que, claramente, una forma de abordar el problema es construir sistemas capaces de replicar este espíritu humano (Matich, 2001).

Una red neuronal no es otra cosa que un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, tenemos como un ejemplo perfecto más perfecto es que es un sistema bondadoso capaz de adquirir conocimiento mediante la experiencia, Una red neuronal artificial es "un nuevo sistema de procesamiento de información, su unidad de procesamiento básica inspirada en la célula básica del sistema nervioso humano: la neurona" (Matich, 2001).

Los procesos del cerebro humano están relacionados de una forma o de otra manera con la acción de las neuronas. Estos son elementos en atención relativamente simple de los humanos, pero en cuanto están interconectados miles de ellos, se vuelven muy poderosos. Lo básico que sucede en una neurona biológica es esto: la neurona es excitada o estimulada por sus entradas y en cuanto se logra un determinado umbral, la neurona dispara o activa, enviando una señal de acción. (Matich, 2001)

Investigaciones realizadas llevaron a descubrir que cada uno de estos procesos habían el resultado de sucesos electroquímicos. El pensamiento tiene lugar en el cerebro, el cerebro está formado por miles de millones de neuronas interconectadas. Entonces, el secreto de la "inteligencia" radica en estas neuronas interconectadas y sus interacciones. Además, es conocido que los seres humanos tienen la capacidad de aprender. Aprender significa que los problemas que no se pueden solucionar al principio se pueden solucionar después de aprender más sobre el problema. De ahí la red neuronal (Matich, 2001).

El desarrollo de nuevos modelos algorítmicos para resolver problemas pronósticos de producción, son cada vez más avanzados. Se han logrado grandes avances a través del modelado, obteniendo como resultando los llamados "Sistemas inteligentes". Estos algoritmos inteligentes incluyen redes neuronales artificiales, computación evolutiva, inteligencia de enjambre, sistemas inmunes artificiales y sistemas difusos, estos algoritmos inteligentes forman parte del campo de inteligencia artificial (IA) (Del Carpio, 2005).

Las redes neuronales están formadas por un conjunto de unidades PE (elemento de procesamiento) elementales conectadas de una manera particular. El interés de la ANN (Artificial Neural Networks) radica no solo en el modelo del elemento PE sino también en las formas en que estos elementos procesadores están conectados. Los elementos de educación física generalmente se organizan en grupos llamados niveles o clases. Una red típica consta de una secuencia de capas con conexiones entre capas adyacentes sucesivas (Basogain, 2019).

Las múltiples configuraciones y algoritmos diseñados para la red neuronal artificial permanecen inspirados en la organización del complejo sistema neuronal del cerebro humano. Cabe poner en claro, no obstante, que esta inspiración no supone que las ANN imiten al cerebro como quisieran ciertos optimistas, debido a que, entre otras restricciones, el razonamiento del desempeño y comportamiento del cerebro El cerebro es bastante sencilla y limitado (Basogain, 2019). Las redes neuronales conforman una técnica de estudio multivariante, basada en una aproximación diferente de la estadística común, y consisten en la simulación por el ordenador de un proceso de aprendizaje aplicado al reconocimiento de patrones (Egέα, Caparros, 1994).

Neurona artificial

Una red neuronal artificial (RNA) está inspirada en la estructura del sistema nervioso de los seres humanos. Su arquitectura se forma mediante la conexión elementales procesadores múltiples, por lo que es adaptivo este sistema por lo que carece de algoritmo para el ajuste d sus pesos (parámetros libres) lo que le permite lograr los requerimientos de ajuste de desempeño del problema plateado en muestras de datos representativos (Salas, 2004).

La RNA (red neuronal artificia) se puede definir como “un modelo matemático inspirado en el comportamiento biológico de las neuronas y en cómo se organizan formando la estructura del cerebro. Este modelo matemático está compuesto de un gran número de elementos organizado por niveles” (Ibarra, Oñate, & Villavicencio, 2020). .

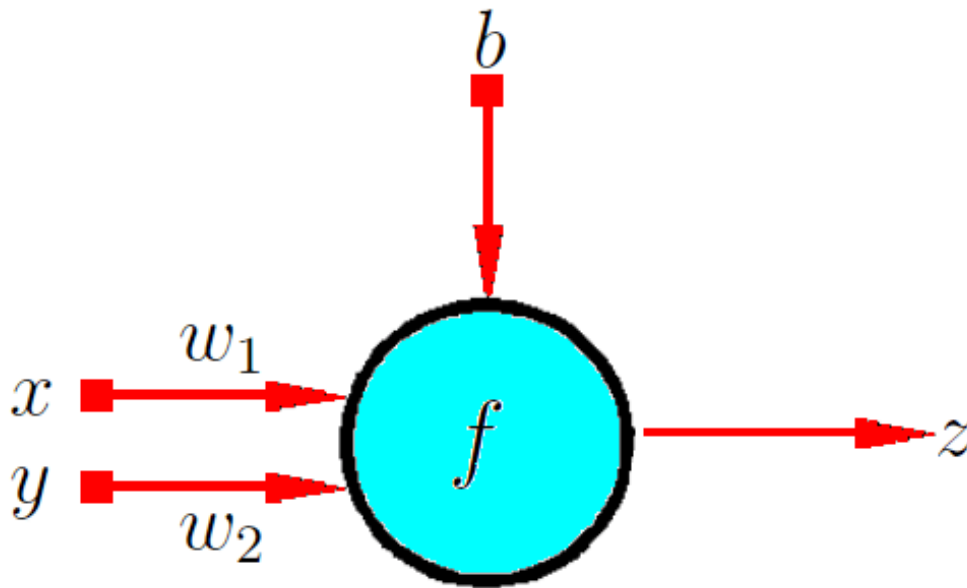
Las redes neuronales son un modelo para descubrir dicha conjunción de fronteras y aplicarla simultáneamente. En el lenguaje propio, hallar la conjunción que mejor se acomoda es "ejecutar" la red neuronal. “Las redes neuronales permiten buscar la combinación de parámetros que mejor se ajusta a un determinado problema” (Julián,, 2016)

Modelo neuronal de McCulloch-Pitts

En 10043 en el trabajo conjunto realizado y presentados por el matemático Walter Pitts y el psiquiatra Warren Mcculloch, diseñan el primer modelo matemático en base a la neurona artificial, diseño cuyo fin fue el de llevar a cabo tareas simples. Este modelo neuronal ejemplo consta de dos entradas X e Y, el mismo que es representado como se d, según lo graficado en la figura 1 (Tablada & Torres, 2018). Este modelo consta de:

- Entradas x e y ;
- Pesos sinápticos w_1 y w_2 que corresponde a cada entrada;
- Término aditivo b ;
- Función de activación f ;
- Salida z .

Figura 1 Modelo de McCulloch-Pitts para una neurona artificial



Fuente: (Tablada & Torres, 2018).

En esta V representa la entrada e Y es el estímulo de la neurona artificial, la que es obtenida del ámbito que circunda, y Z representa la contestación dada por la neurona al estímulo. La neurona se ajusta al ámbito que la circunda y aprende de él cambiando el costo de sus pesos sinápticos w_1 y w_2 y su término aditivo b . $z = f(w_1x + w_2y + b)$

La función de activación f es seleccionada de acuerdo a la tarea realizada por la neurona.

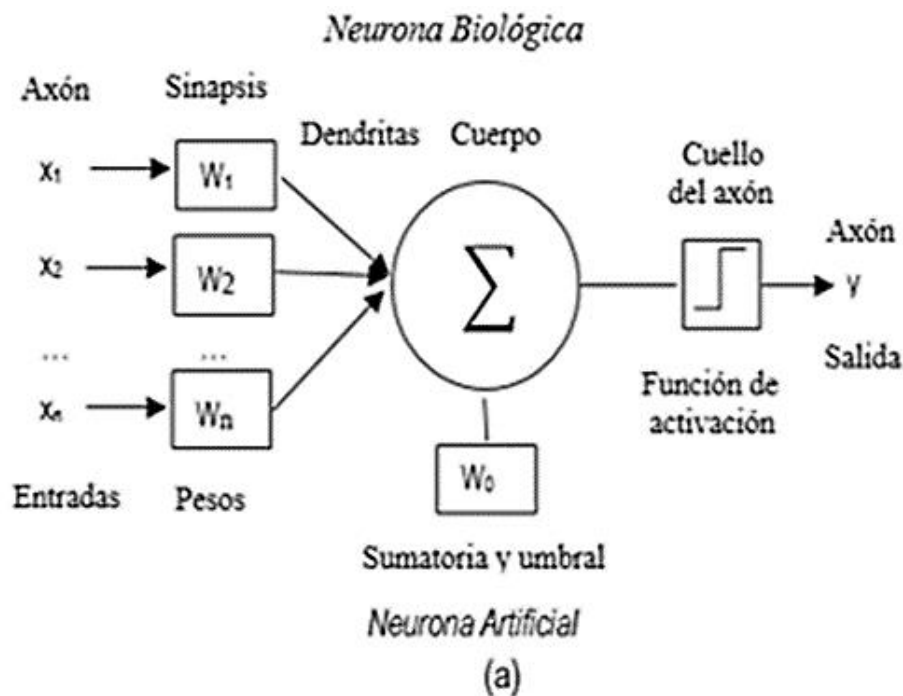
Modelo neuronal

El modelo de redes neuronales son procedimientos dinámicos auto adaptativos. Es decir que tienen la capacidad de poder autoajustares los elementos procesales (neuronal) que integran el sistema. A su vez se caracterizan por ser activos, debido a que constantemente pueden estar cambiando así poder adaptarse a las nuevas condiciones, dando un mejor ajuste en su predicción; lo que conlleva que se pueda decir que poseen autoadaptabilidad, autorregulación y la tolerancia a los errores. (Quiñones, y otros, 2020)

La Red Neuronal Artificial posee cuatro elementos básicos:

1. Grupo de enlaces, sinapsis o pesos que establecen la conducta de la neurona;
2. Sumador se ocupa de sumar cada una de las entradas multiplicadas por su respectiva sinapsis;
3. Funcionalidad de la activación no lineal la que permite delimitar la amplitud de la salida de la neurona;
4. Umbral exterior el que el umbral por medio del que la neurona se activa.

Figura 2 Neuro Biología



Fuente: (Quiñones, y otros, 2020)

Nota: la figura sistematiza, las semejanzas que caracterizan la red neuronal biológica y la red neuronal artificial.

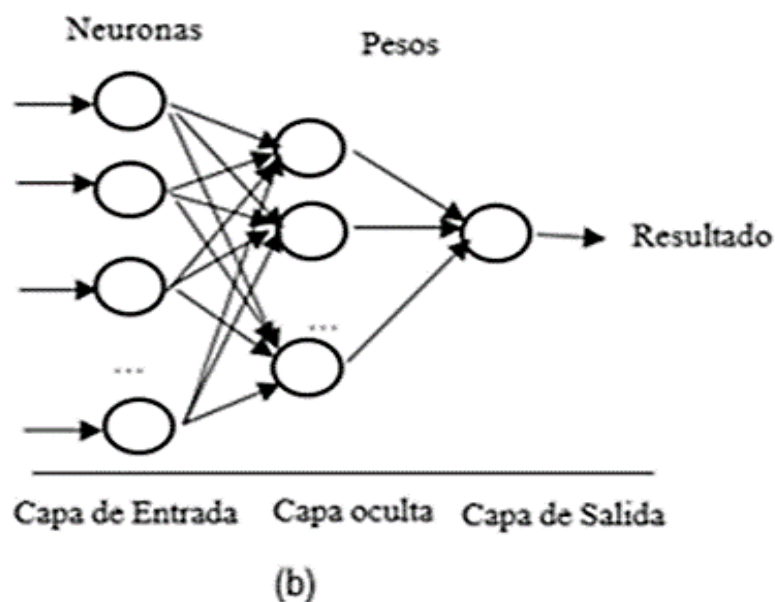
En donde:

- Conjunto de entradas $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$
- Pesos sinápticos correspondientes a cada entrada $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$
- Puesto de agregación Σ
- Puesto de transferencia f

Estructura básica de una red neuronal

El perceptrón multicapa (MLP) es un ejemplo de RNA, en el que su arquitectura está dada por algunas “capas, de nodos o neuronas interconectados”, cada una de dichas capas permanecen conectado a cada una de las neuronas en la capa siguiente (ver figura 3). Las capas intermedias son denominadas capas escondes, estas permiten a las RNA hacer asociaciones complicadas entre patrones. Cada una de las neuronas de las capas escondes y de salida procesan sus valores de entradas multiplicando cada ingreso por su peso, sumando el producto, y después procesando la suma utilizando una funcionalidad de transferencia no lineal para crear un resultado (Del Carpio Gallegos, 2005).

Figura 3 Red perceptrón multicapa



Fuente: (Quiñones, y otros, 2020)

Etapas de una red neuronal artificial

La construcción de una red neuronal artificial pasa por varias etapas (Del Carpio Gallegos, 2005):

- Identificación de la variable a ser pronosticador;
- Construcción del grupo de datos que admitirán activar el procedimiento de aprendizaje de la RNA;
- Activación del procedimiento de aprendizajes, a través del diseño y aquellos parámetros requeridos para la determinación de los pesos de la conexión entre el de neuronas;
- Generalidad de reportes de salida para el pronóstico de la variable.

Aplicación de la red neuronal

La aplicación de los rebes neuronales son varias y se e incrementa en el tiempo a medida que se ban creando y desarrollando mas avanzados sistemas. Estas redes ofrecen una serie de posibilidades que están directamente relacionados con el “Machine Learning”, entre las aplicaciones de las redes neuronales entre otras, están la predicción o estimación de producción y ventas; el reconocer tendencias (Expertos Three Points, s.f.).

Tipo de aprendizaje

Existen dos métodos de aprendizaje importantes o los más comúnmente utilizado, que pueden distinguirse (Ruiz & Basualdo, 2001), aprendizajes

- Supervisado; y
- no supervisado

Aprendizaje supervisado.

El “supervisor controla la saSida de la red y en caso de que ésta no coincida con la deseada, se procederá a cambiar los pesos de las conexiones, a fin de lograr que la salida obtenida se aproxime a la deseada” (Ruiz & Basualdo, 2001). “En este tipo de aprendizaje se suelen considerar, a su vez, tres formas de llevarlo a cabo, que dan lugar a los siguientes aprendizajes supervisados” (Ruiz & Basualdo, 2001):

- por corrección de error;
- por refuerzo; y
- estocástico.

Aprendizaje por corrección de error.

“Ajusta los pesos de las conexiones de la red en función del error cometido, es decir la diferencia entre los valores esperados y los obtenidos” (Ruiz & Basualdo, 2001): ejemplos de algoritmos:

- Perceptrón;
- Delta o Mínimo error cuadrado (LMS Error: Least Mean Squared):
- Backpropagation o Programación hacia atrás (LMS multicapa).

2.2 Marco conceptual

Modelo: es un proceso por el que se identifica y se asocia objetivos, proceso físicos, administrativos, físicos y sociales, a través de símbolos o estructuras, entidades, relaciones, actividades, y atributos en un sistema. Es representación cuantitativa y cualitativa de un sistema en el que se muestran las relaciones que predominan entre los elementos de un sistema (Tesis, s.f.)

Modelo Matemático: es la “representación simplificada, a través de ecuaciones, funciones matemáticas, de un fenómeno o de la relación entre dos o más variables. Rama de las matemáticas encargada de estudiar las cualidades y estructura de los modelos, llamada teoría de los modelos” (Cervantes, 2015).

Modelo de pronóstico: son “modelos estadísticos para pronosticar el futuro. Sirven para detectar situaciones futuras y hacer proyecciones con base en la información analizada” (Cervantes, 2015).

Red neuronal artificial; son modelos matemáticos – computacionales que mantienen una elevación de capacidad de generalización y de tratamiento de problemas, ya sean lineales como no lineales (Cervantes, 2015).

Variable Independiente: es el elemento del modelo (situación o fenómenos), que declara, establece o determina la figura de otros elementos.

Variable dependiente: es el elemento del modelo (situación o fenómenos), declarado que se presenta en relación de otra.

Variable interviniente: es un factor o aspectos que podría estar presente y relacionada entre las variables dependiente e independiente, es decir, que influye en la presencia de otro factor, pero únicamente de forma indirecta.

Pronóstico: “es una estimación cuantitativa o cualitativa de uno o varios factores (variables) que conforman un evento futuro, con base en información actual o del pasado” (Villareal, 2016).

Red neuronal; es “un modelo simplificado que emula el modo en que el cerebro humano procesa la información: Funciona simultaneando un número elevado de unidades de procesamiento interconectadas que parecen versiones abstractas de neurona” (SPSS Modelar, s.f.). Además “las redes neuronales son un pilar de la inteligencia artificial. Son un modelo de creación cuyo sistema se basa en el funcionamiento del cerebro humano. Están formadas por diferentes nodos que funcionan como neuronas, y que transmiten señales e información entre sí” (Expertos Three Points, s.f.)

Control de Producción: es un elemento “derivado de las políticas particulares de servicio que tenga la compañía y de la gestión de la demanda, se ocupa de planear y desarrollar la producción interna y, como resultado, dispara la actividad de abasto de insumos” (Gaboia & Tabares, 2012).

Suministro: Incluye dar “los insumos necesarios para saciar las necesidades de producción (materia prima y materiales) cuidando los tiempos de entrega de los proveedores y los niveles de inventario de insumos” (Gaboia & Tabares, 2012).

Diseño de la cadena de producción: es el período en que la empresa “dictamina cómo estructurar la cadena de suministro a lo largo de los próximos años, como debería ser la configuración de la cadena, como van a ser distribuidos los recursos y qué procesos se llevarán a cabo en cada fase”. (Gaboia & Tabares, 2012).

Las decisiones determinadas en este espacio de tiempo integran la situación y procesos de producción de los productos que se elaboran o se almacenan en o almacenaran en los diferentes sectores de inventario de productos.

Planificación de la cadena de producción: es una etapa en la que se toman decisiones para una determina época pudiendo ser un trimestre o un período de un año; en la planificación se incluye las decisiones a que mercados van a ser abastecidos y a partir de la ubicación de estos, la contratación, y la construcción de las políticas de inventarios. (Gaboa & Tabares, 2012)

Operación de la cadena de producción: s al horizonte en relación con el tiempo, es la etapa determinada diario o semanal, la toma de decisiones se fijan en base a las demandas de los clientes, para ello el inventario de producción se distribuyen entre todos lo requerimientos, para ello se establecen la fecha en que tiene que completarse los requerimientos de demanda, se listan los insumos y materiales, se establece la ruta de distribución a seguir y se incluye además los itinerrauos(Gaboa & Tabares, 2012).

Distribución: en esta etapa se inventaría y registra los insumos, materiales y los productos terminados (en varias empresas solo se resista los productos terminados, realizarlo llegar a los consumidores y/o la red de entrega, las que poder integrarse por otros centros o almacenes de distribución (CDs) ó no (Gaboa & Tabares, 2012).

Un pronóstico de demanda o pronóstico de producción: “en el ámbito de fabricación o elaboración, consiste en predecir eventos futuros asociados al producto o servicio que ofrecemos. En este caso pensamos a futuro para estimar cuánto vamos a vender, lo que nos permitirá desarrollar proyecciones de venta”

Pronóstico de producción: “es un procedimiento objetivo, en el que se utiliza información recabada en determinado espacio de tiempo, para predecir el futuro” (Reyes, 2017). Modelo de pronóstico a Largo plazo: “incorpora la estimación de condiciones necesarios para dar apoyo a decisiones estratégicas sobre planeación de productos, procesos, tecnologías e instalaciones. Estas decisiones son de tal importancia para el éxito a largo plazo de los sistemas de producción que para el desarrollo de estos pronósticos se aplica un intenso esfuerzo organizacional” (Reyes, 2017).

Modelo de pronóstico a mediano plazo: o también conocido como intermedio “generalmente colapsos medianos de meses, es valioso en la planeación de la producción y presupuestos, planeación de ventas, presupuestos de efectivo y el análisis de varios planes de operación” (Reyes, 2017).

Modelo de pronóstico a corto plazo: “son estimaciones de situaciones futuras. Estos pueden abarcar periodos tan cortos de tiempo que los ciclos, la estacionalidad y los patrones de tendencia surten poco efecto. El patrón principal de datos que afecta a estos pronósticos es la fluctuación aleatoria” (Reyes, 2017).

Método cuantitativo de pronóstico: “se basan en juicios respecto a los factores causales subyacentes a la venta de productos y en opiniones sobre la posibilidad relativa que estos factores causales sigan presentes en el futuro, involucran diversos niveles de complejidad, desde encuestas de opinión científicamente conducidas a estimaciones intuitivas respecto a eventos futuros” (Reyes, 2017).

2.3 Marco referencial

Los siguientes trabajos de investigación sirvieron como referencia para el presente trabajo de investigación, ya que de alguna manera abordan temas de investigación similar al presente y muestran aportes interesantes tanto en metodología como en investigación.

Según Vidaurre, en su trabajo de investigación “aplicación de las redes neuronales artificiales para el pronóstico de la demanda de agua potable en la empresa EPSEL S.A. de la ciudad de Lambayeque” muestra la estimación de la porción de demanda de agua de consumo humano potable, en la actualidad es de alta para las empresas que según la actividad se ubican en el ámbito de saneamientos. Esta estimación a un mediano plazo es una esencial necesidad que deben subsanar las empresas, toda vez que de esta depende la alta satisfacción de los consumidores del servicio de saneamiento. (Vidaurre, 2012)

Cabrera (2014) en su trabajo de investigación “Diseño de una red neuronal artificial para la predicción de la demanda eléctrica” desarrolla un diseño de una red neuronal artificial, la cual ayude a revisar de forma sencilla los resultados y dar un costo de energía demandada lo más aproximada al costo futuro real.

Además, se explica la selección de datos y las cambiantes para los modelos de los pronósticos, se hace hincapié en la metodología para hacer el diseño de la red neuronal, llevando a cabo un estudio del circuito y el diseño del modelo de las redes neuronales artificiales (Cabrera, 2014).

Jahaira (2013) en su trabajo de investigación “Predicción del consumo de gas natural aplicando redes neuronales” ejecuta un estudio de cambiantes que influyen en el consumo de gas natural, se lleva a cabo un modelo de predicción con redes neuronales tomando como cambiantes al recurso energético (electricidad), y las regalías por el IDH, con un 0,05 de error. El gas natural es una de las numerosas e relevantes fuentes de energía no renovables formada por una mezcla de gases y elementos ligeros, y es imprescindible para la vida cotidiana poblacional, además el gas natural se utiliza en la producción de electricidad como combustible de motores de combustión interna, más notoria como “Termoelectricidad”, resulta ser una elección adecuado por el bajo precio de este combustible sin embargo se hace difícil su utilización en zonas alejadas de los yacimientos de gas, por la necesidad de prolongar gasoductos de alto precio (Jahaira, 2013).

Jiménez (2013) en su trabajo de investigación “Pronóstico de demanda de llamadas en los call center, utilizando redes neuronales artificiales se construye una red neuronal artificial usada para el pronóstico de demanda” a estas se les denomina “ Centro de Atención Telefónica (Call Center) de consumidores de la compañía ABC” destinados a mostrar que esa herramienta resuelve esta clase de inconvenientes de forma eficiente, encontrándose resultados enormemente satisfactorios, se muestra la especificación de los modelos clásicos de pronóstico. Para ello “se diseñan los modelos para la solución al problema de predicción, usando la metodología de descomposición de serie de tiempo, el procedimiento de ajuste exponencial de Winter, el procedimiento de Box-Jenkins (ARIMA), y la red neuronal en diferentes topologías” (Jiménez, 2013).

Para Byrd, en la investigación “aplicación de redes neuronales para desarrollar un modelo de pronóstico de la demanda de dinero, establece un modelo econométrico con base en la fundamentación tórica del modelo” permite y hace posible construir un pronóstico demanda de dinero en efectivo, desde las determinaciones de la cambiantes economías, que la determinan (Byrd, 1998).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación se basó en un enfoque mixto, lo que permitió hacer un análisis de los procesos y significados de producción para la construcción y comprobación del modelo en base a la corriente cualitativa a través de fundamentos teóricos, y el análisis de producción e inventario considerando la corriente cuantitativa, la que llevo al proceso de comparación de la producción de las cantidades producidas, cantidades en inventarios, cantidades des pachachas y cantidades requeridas por el mercado de cajas de seguridad que actividad de la micro empresa. El estudio se basó en la metodología cuasi experimental.

3.2 Tipo de investigación

Para cumplir el propósito de la investigación que es el de mejorar la producción el tipo de investigación empleada en la investigación fue la aplicada, y por el nivel de la se utilizó la investigación exploratoria, la misma que genero la información epistemológica del modelo matemático de pronóstico de producción en base a las redes neuronales. La modalidad de estudio documental.

3.3 Tipo de muestra

El presente trabajo investigativo corresponde a un estudio de caso, de un solo sujeto a ser investigo como fue la micro empresa dedicada a la producción de cajas de seguridad, por lo que no se determino el tipo de muestreo.

3.4 Población y nuestra

En la presente investigación el universo poblacional esta representada por 1 empresa, cuya característica es la producción de cajas de seguridad. Y al ser un estudio de caso no se determina muestra alguna.

3.5 Instrumento de recolección de información

El trabajo de investigación se basó en el análisis de la gestión de la microempresa, a través de un análisis histórico de los datos reales relacionados con la producción de cajas de seguridad, inventarios, distribución, demanda del mercado, con lo que en lo posterior se formula el modelo matemático, con el que se pretende realizar un pronóstico de producción como parte de una planificación eficaz, resultado que se ajustan al objetivo de la investigación. Para este análisis de las diferentes y de y de repositorios bibliográficas que se encuentra en la internet, las bases de datos de producción de la microempresa, así también una entrevista a informantes claves del proceso de producción en la microempresa.

3.6 Análisis de resultados

El tipo de trabajo llevado a cabo es un estudio de una situación especial, en el que observación y las bases de datos del de la producción para la recolección de información. Se hizo un estudio de la operación de la compañía, partiendo de la recolección de datos históricos y reales en cuanto a las cantidades planificadas de producción, almacenamiento y requerimientos del mercado y, después se formula un modelo resultado para entablar las principales alternativas que se logren llevar a cabo y ejercer en la cadena de producción que se acomode al objetivo del plan de producción,

Las fases para la estructuración del análisis fueron:

- a. Determinación del problema de estudio y recolección de datos importantes. En este período se hizo el análisis situacional actual del sistema de la microempresa, con el que se muestra el problema a examinar, se definieron las metas del sistema a optimizar, se identificaron las limitaciones y las implicaciones cambiantes, del mismo modo se hizo la toma de datos importantes relacionados con el problema, estos datos permitieron comprender el problema y considera el aporte a la formulación adecuada del problema. Esta se apoya en la toma de decisiones para la construcción del modelo para emprar y representar en el sistema;

- b. Desarrollo del método con base en la estructura de un programa para derivar a la solución del problema con la aplicación del modelo;
- c. Estudio de los resultados: se procedió al estudio de los halagos generados por el modelo, los que se compararon con la producción estimada en el sistema y se verificó si el modelo, permite conseguir la mejora de la producción elemento importante en la operación de la microempresa.

En análisis de datos se lo realizo mediante el sistema Excel, este se basó en los datos histórico de producción de cajas de seguridad del quinquenio 2017-2021, en base al os siguetees parámetros cantidad de producción planificada, comparados lo la cantidad real producida, la cantidad solicitada por los clientes, el pedido máximo de casa y el pedido mínimo demandado por los clientes.

Tabla 2 Base de datos de producción planificada, real producida, demanda del producto

Año	Cant. Planif.	Cantidad Real	Cant Solicitada	Pedido Max	Pedido Min
2017	75786288	103817365	140772837	142548824	139993603
2018	81931123	105704954	147171602	149028316	146356948
2019	93756233	118648417	160285903	160716811	157835925
2020	90943546	116275449	161888762	163931148	160992643
2021	74573708	91857605	111703246	116391115	109474997

Fuente: datos de la empresa.

Elaborado por el autor de la investigación

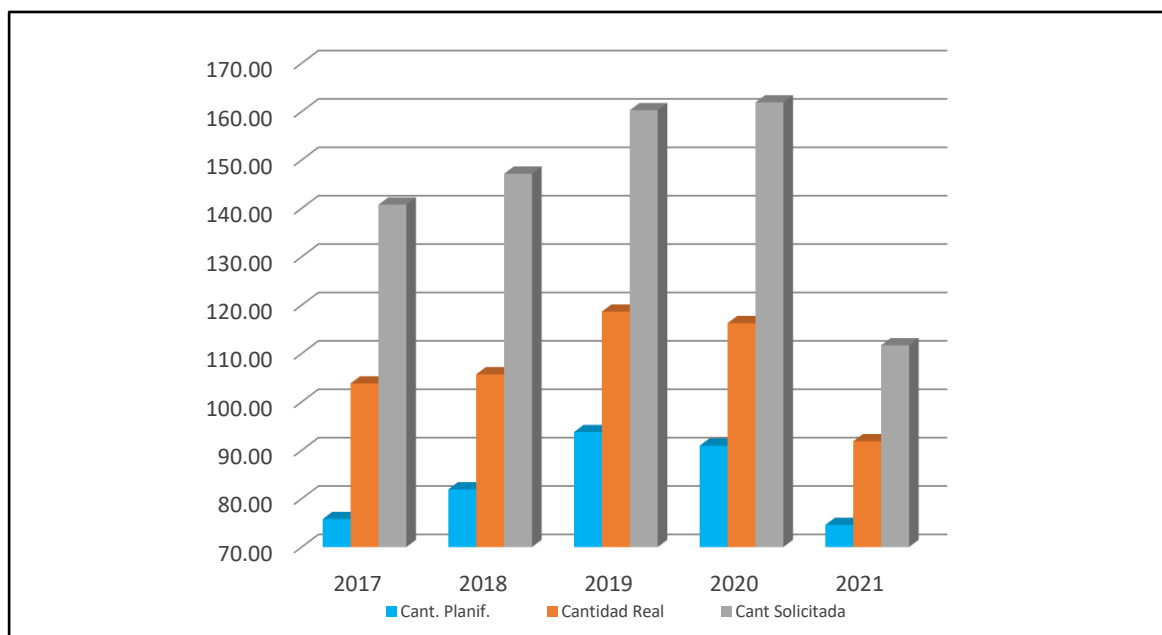
Tabla 3 Diferencias frente a la producción planificada

Años	Cant. Planif.	Cantidad Real	Cant Solicitada	Pedido Max	Pedido Min
2017	75786288	28031077	64986548	66762536	64207314
2018	81931123	23773831	65240479	67097193	64425826
2019	93756233	24892184	66529670	66960578	64079692
2020	90943546	25331903	70945216	72987602	70049097
2021	74573708	17283897	37129538	41817407	34901290

Fuente: datos de la empresa/ en millones de unidades

Elaborado por el autor de la investigación.

Figura 4 Producción planificada, real producida, demanda del producto



Nota la figura muestra el déficit de producción planificada vs la real producida y la solicitada en millones de unidades, del inventario histórico del quinquenio 2017 – 2021.

Tabla 4 Porcentaje de exceso de producción frente a lo planificado

Años	Cantidad Real	Cant Solicitada
2017	37,0	85,7
2018	29,0	79,6
2019	26,5	71,0
2020	27,9	78,0
2021	23,2	49,8

Elaborado por el autor de la investigación

Nota: la tabla muestra el déficit de producción planificada vs la real producida y la solicitada en millones de unidades

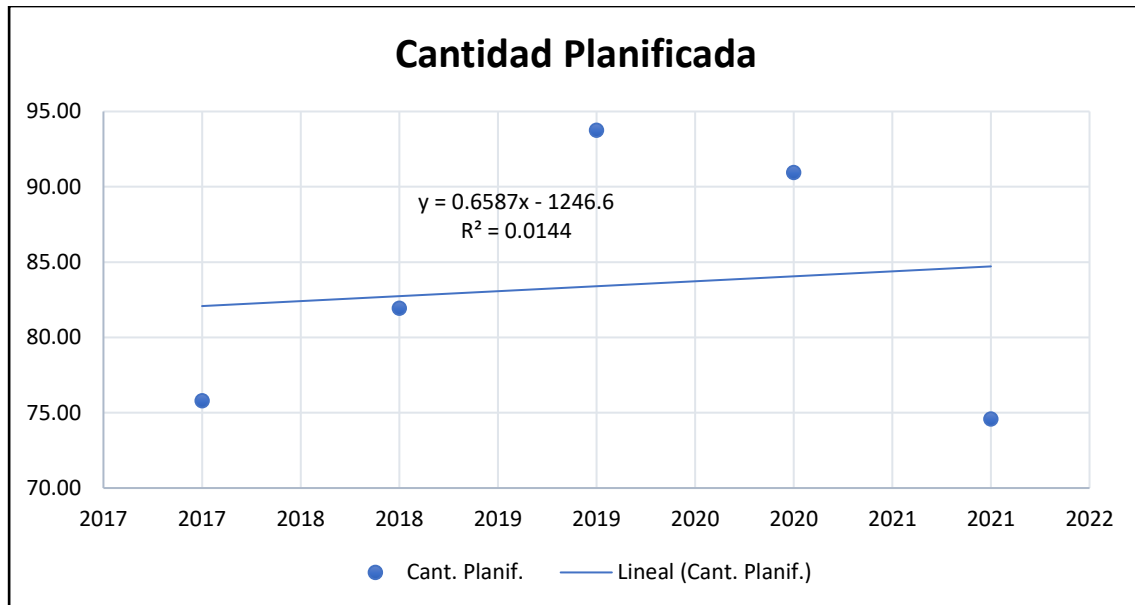
3.7 Modelo de predicción por mínimos cuadrados

Con base a los datos obtenidos y usando el modelo de regresión lineal por mínimos cuadrados para redes neuronales para obtener la ecuación de regresión, que permita la predicción de producción de cajas de cartón corrugado, se aplica las regresiones lineales para cada uno de los casos: planificados, reales y solicitados.

3.7.1 Regresión lineal para la producción de cajas planificadas

El análisis se lo realiza en el software Excel, donde se introducen los datos de las variables años y cantidad planificada.

Figura 5 Regresión lineal para la producción de cajas planificadas



Elaborado por el autor de la investigación

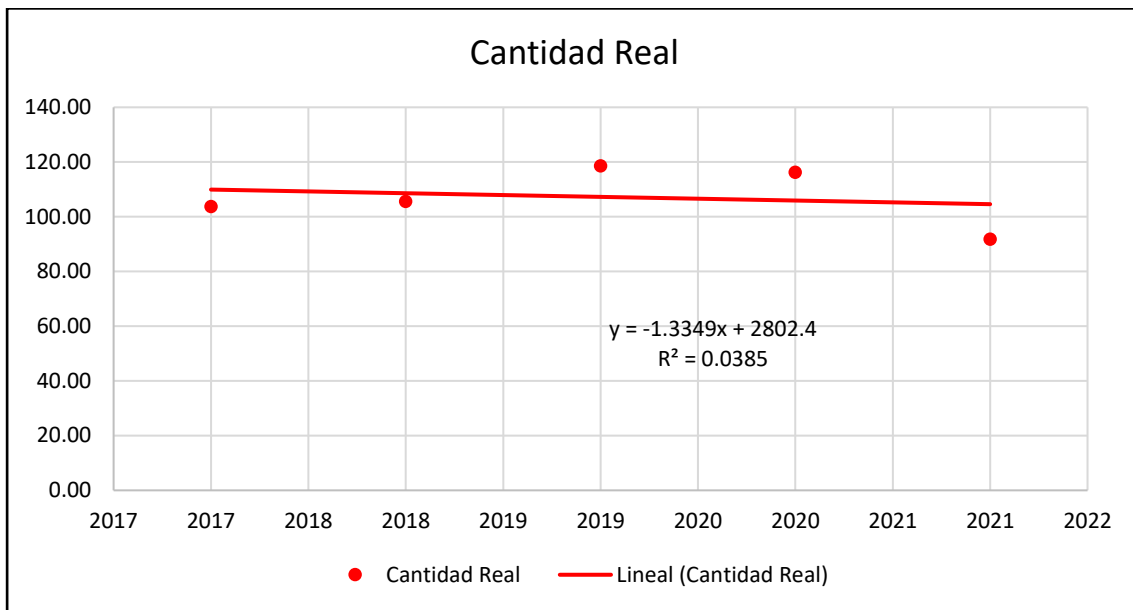
Se observa en la figura 5, que tenemos datos atípicos por lo que la ecuación del modelo de regresión tiene un índice de correlación de 0,0144, muy cercano a cero, indicador que muestra que no existe relación lineal entre los años y la cantidad planificada.

Por tal razón se debe eliminar estos datos atípicos para poder obtener un mejor índice de correlación (cercano a uno), lo que permitirá una correcta predicción.

3.7.2 Regresión lineal para la producción real de cajas

El análisis se lo realiza en el software Excel, donde se introducen los datos de las variables años y cantidad planificada.

Figura 6 Regresión lineal para la producción real de cajas



Elaborado por el autor de la investigación

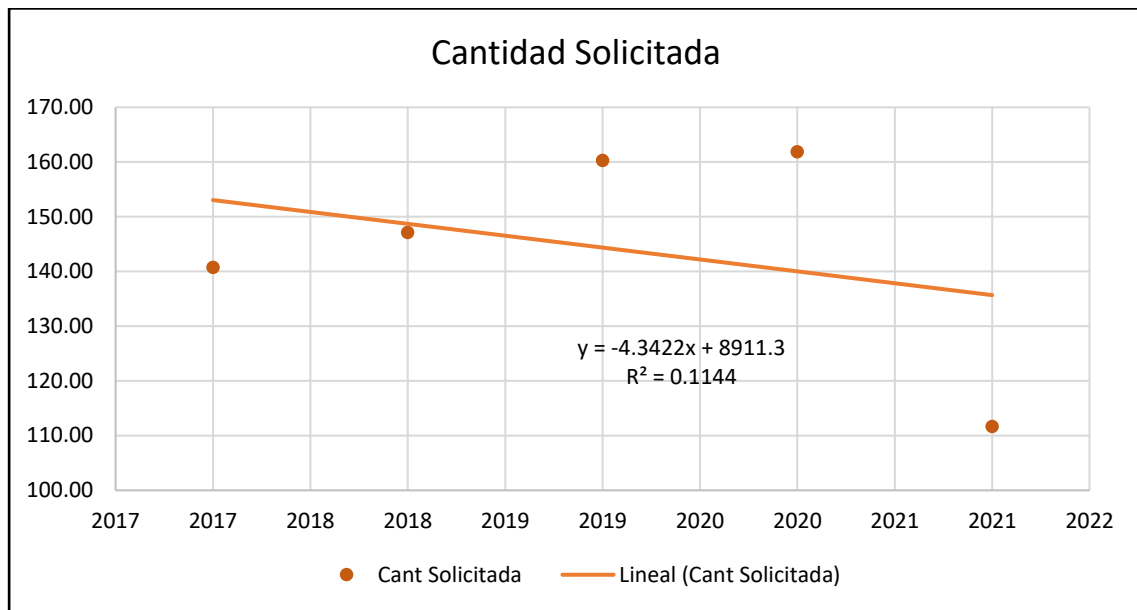
Se observa en la figura 6, que tenemos datos atípicos por lo que la ecuación del modelo de regresión tiene un índice de correlación 0,0385, muy cercano a cero, indicador que muestra que no existe relación lineal entre los años y la cantidad planificada. Además, la regresión tiene una pendiente negativa, debido a los datos atípicos ocasionados en este período 2020 de la pandemia por sars-cov-2.

Por tal razón se debe eliminar estos datos atípicos para poder obtener un mejor índice de correlación (cercano a uno), lo que permitirá una correcta predicción.

3.7.3 Regresión lineal para la producción de cajas solicitadas

El análisis se lo realiza en el software Excel, donde se introducen los datos de las variables años y cantidad planificada.

Figura 7 Regresión lineal para la producción de cajas solicitadas



Elaborado por el autor de la investigación

Se observa en la figura 7, que tenemos datos atípicos por lo que la ecuación del modelo de regresión tiene un índice de correlación 0,1144, muy cercano a cero, indicador que muestra que no existe relación lineal entre los años y la cantidad planificada. Además, la regresión tiene una pendiente negativa, debido a los datos atípicos ocasionados en este período 2020 de la pandemia por sars-cov-2.

Por tal razón se debe eliminar estos datos atípicos para poder obtener un mejor índice de correlación (cercano a uno), lo que permitirá una correcta predicción.

CAPITULO IV

PROPUESTA

4.1 Titulo

Modelo matemático aplicado al pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de cajas de cartón corrugado

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo general

Establecer una planificación eficaz para la producción de cajas de seguridad mediante un modelo de pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de cajas de cartón corrugado, que permita abastecer la cantidad solicitada por los clientes en tiempos eficientes, con un inventario permanente.

4.2.2 Objetivos específicos

- Estructural el modelo matemático aplicado al pronóstico de producción utilizando redes neuronales artificiales aplicado a una fábrica de cajas de cartón corrugado
- Analizar las variables de la modelo definida para la planificación real de la micro empresa estimando los resultados a ser obtenidos
- Estimar el plan de producción de la microempresa que permita mantener un inventario permanente
- Plantera escenarios por medio de análisis de sensibilidad en base a los referentes máximos y mínimos solicitados, que ayuden a la toma de decisiones en la microempresa

4.3 Alcance de la propuesta de modelo matemático

El modelo se formula en base a variables planificación establecida, producción real producida que garantice la existencia de un inventario, la cantidad de producto solicitado por el mercado (clientes) considerando los máximos pedidos y los mínimos, planificación que asesora, la entrega de producto solicitado en los tiempos óptimos, mejorar la imagen de la micro empresa, incrementar la base de datos de clientes, mejorar la liquides y rentabilidad.

Los pronósticos de la producción al interior de la compañía se realizan de acuerdo a los históricos de productos solicitado tanto máximo como mínimo. Mediante el análisis detallado que permitió conocer su comportamiento con aplicación técnicas de planificación para las actividades de producción. Según el análisis se pudo observar, que el requerimiento del producto en el mercado presenta una estabilidad en su comportamientos, razón por la que se utilizó una técnica que contribuyó a una adecuada planificación de la producción y abastecimiento al mercado en forma oportuna

4.4 Diseño del modelo matemático

La pandemia por sars-cov-2 en el mes de marzo del 2020 hasta la actualidad generaron producciones más bajas de lo habitual, por lo que, se debe eliminar estos datos llamados atípicos. Usando el modelo de regresión lineal por mínimos cuadrados para redes neuronales para obtener la ecuación de regresión, que permita la predicción de producción de cajas de cartón corrugado, se propone la aplicación de las regresiones lineales, en este nuevo escenario para cada uno de los casos: planificados, reales y solicitados.

Las principales peculiaridades que caracterizan a los pronósticos son hacer enunciados sobre una estimación en base a parámetros de una determinada variable de interés, algunas veces no se contará con datos históricos y se deberá fundamentarse en el juicio de expertos para hacer pronósticos de escenarios futuros, teniendo cuidado embargo, cuando se cuente con datos históricos, es preferible utilizar métodos cuantitativos para generar pronósticos objetivos, sin pasar por alto el juicio de expertos, sobre todo cuando se tienen.

La aplicación del modelo de pronósticos de producción en la micro empresa o en la organización; tiene como ase que las diferentes organizaciones, en su organización, usan el modelo de pronóstico, como deducciones para conceptualizar las metas, de tal manera estas sean reales, a si estas en caso generen retardos, se debe definir en forma estratégica oportunidades para ser alcanzadas. Se hace necesario considerar que no se debe ser confundida lo que es meta y lo que significa pronósticos ya que esto usualmente selo confunde, el pronóstico representa lo que se quiere lograr o alcanzar la empresa, y la meta cuanto se quiere conseguir, según los metas definidos en los objetivos que se definan en la planificación.

4.4.1 Regresión lineal propuesta para la producción de cajas planificadas

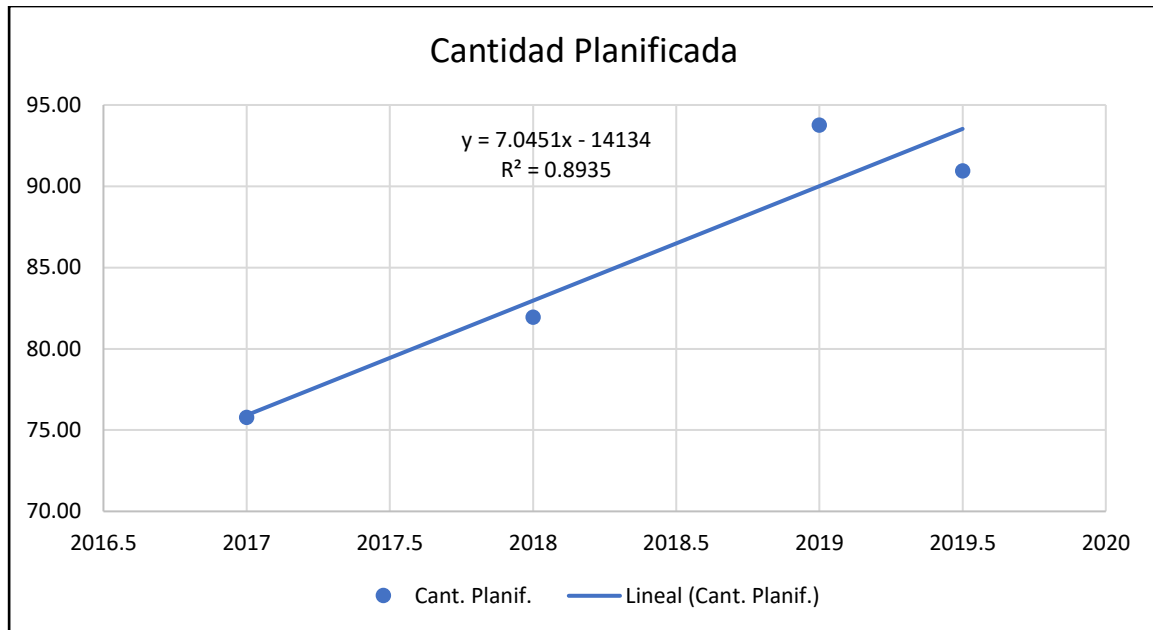
Los procedimientos de modulación y de desintegración consideran un determinado modelo para hacer pronóstico, no obstante, por medio de estos so son viable detectar componentes inciden en el fenómeno o factor de análisis, sin embargo, en el procedimiento de regresión, si es posible y viable a estos definirlos con la finalidad de analizarlos con los se deberán estimar pronósticos. En estos procedimientos la variable de estudio se lo conoce como variables dependientes (Motemayor, 2013).

La variable dependiente se asume que es aleatoria y se busca pronosticar o describir por medio de las variables independientes, las que son las la producción de un determinado producto, lo que para pretender predecirles o explicarles, tienen la posibilidad de implantar independientes como la cantidad vendida del producto y la demanda del mercado, definir las ventas en función al costos y gastos procesos de promoción por medio de la aplicación de formula de la producción planificada y la producción real (Motemayor, 2013).

Hay dos opciones de regresión lineal para pronosticar a la variable de estudio (dependiente); :una en base al modelo de regresión sencilla, en el que se incluye una sola variable libre y el modelo de regresión lineal múltiples, que incluye K que representas las acciones independientes cambiantes; considerando en importancia el dominio de descripción de la variables independientes, por lo que para ello se optará un modelo sencillo o un modelo múltiple, (Motemayor, 2013)

El análisis se lo realiza en el software Excel, donde se introducen los nuevos datos de las variables años y cantidad planificada.

Figura 8 Regresión lineal propuesta para la producción de cajas planificadas



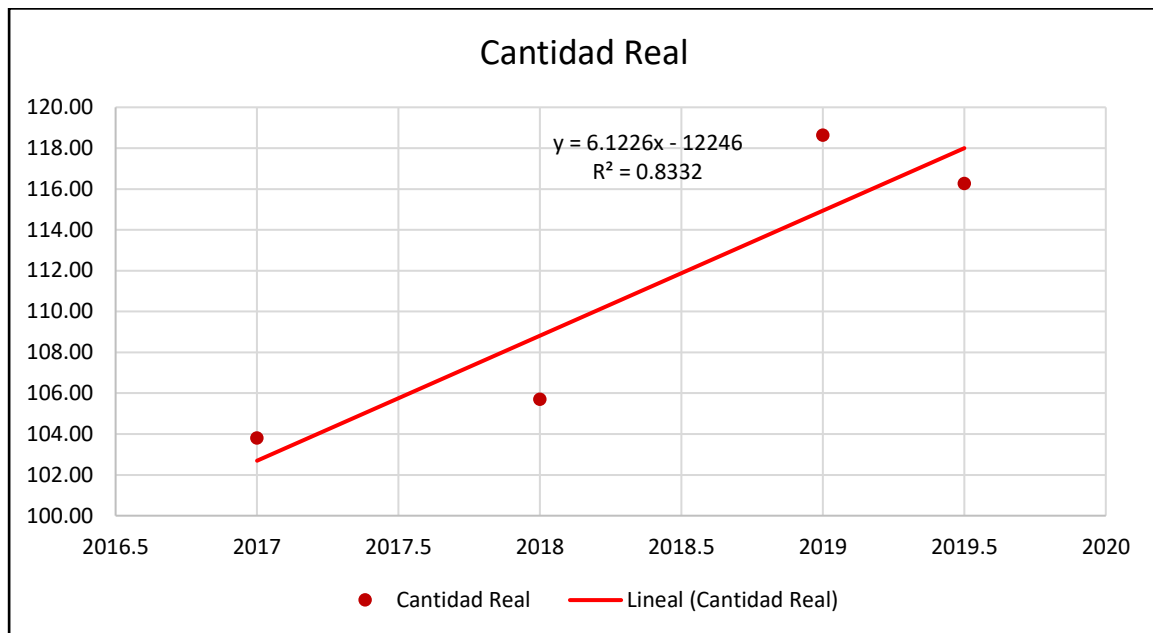
Elaborado por el autor de la investigación

Se observa en la figura 8 que la ecuación del modelo de regresión tiene un índice de correlación 0,8935 muy cercano a uno, indicador que muestra que existe relación lineal entre los años y la cantidad planificada. Además, la regresión tiene una pendiente positiva que corresponde al aumento de la producción por la demanda del producto.

4.4.2 Regresión lineal propuesta para la producción real de cajas

El análisis se lo realiza en el software Excel, donde se introducen los nuevos datos de las variables años y cantidad planificada.

Figura 9 Regresión lineal propuesta para la producción real de cajas



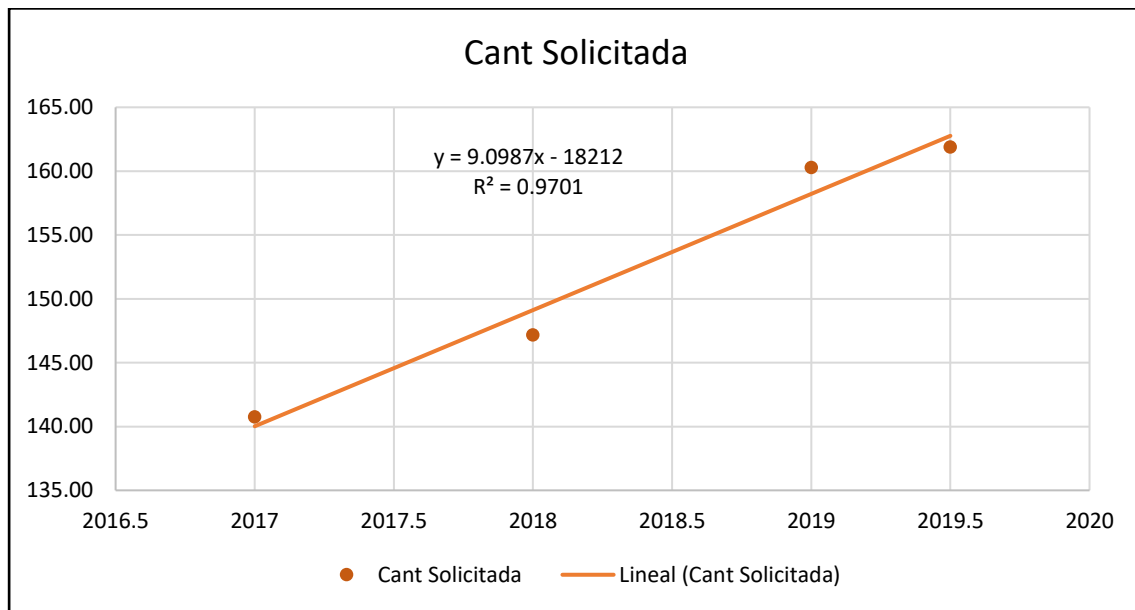
Elaborado por el autor de la investigación

Se observa en la figura 9 que la ecuación del modelo de regresión tiene un índice de correlación 0,8332 muy cercano a uno, indicador que muestra que existe relación lineal entre los años y la cantidad planificada. Además, la regresión tiene una pendiente positiva que corresponde al aumento de la producción por la demanda del producto.

4.4.3 Regresión lineal propuesta para la producción de cajas solicitadas

El análisis se lo realiza en el software Excel, donde se introducen los nuevos datos de las variables años y cantidad planificada.

Figura 10 Regresión lineal propuesta para la producción de cajas solicitadas



Elaborado por el autor de la investigación

Se observa en la figura 9 que la ecuación del modelo de regresión tiene un índice de correlación 0,8332 muy cercano a uno, indicador que muestra que existe relación lineal entre los años y la cantidad planificada. Además, la regresión tiene una pendiente positiva que corresponde al aumento de la producción por la demanda del producto.

4.5 Evolución de la propuesta

La evaluación del modelo matemático se basará en la sostenibilidad e impacto en la producción, en base a tres variables:

1. Cantidad de producción del producto que estará en función de la planificación establecida y la cantidad de producción real
2. Inventario de producto en stock que estará en función de los pedidos tanto máximo como mínimos
3. Cantidad de producto despachado en función de los tiempos de despacho

CONCLUSIONES

- Del análisis de la situación actual de la microempresa se observó que la misma no utiliza un modelo de pronóstico de producción, lo que genera como consecuencia la baja rotación de inventarios de productos terminados, lo que lleva a una deficiente planificación ya que existe un incremento de cantidad de producción real frente a la planificada y que existe un déficit en la producción en relación con lo solicitado por el mercados, aspecto que determina la necesidad de contar con un modelo de pronóstico de producción que se ajuste a la tendencia y patrón de la demanda actual del mercado de clientes aspecto que no toma en consideración la micro empresa.
- La creación del modelo de pronóstico de producción basada en redes neuronales es relevante para conseguir el buen funcionamiento de dichos modelos. En esta indagación se hizo la formulación del modelo en la que se deberá aplicar una de una metodología en redes neuronales artificiales aplicada para el pronóstico de la producción, inventario y demanda

RECOMENDACIONES

- La microempresa debe implementar el modelo como un elemento del sistema de producción, evaluar sus resultados, con los mismos que establecerá nuevas líneas de investigación, para fortalecer el uso parmente y eficiente del mismo en todas las áreas y variables de la actividad de la microempresa.
- La micro empresa deberá capacitar a los talentos humanos, en los ámbitos del desarrollo icnológicos, que facilite la renovación del proceso, mediante estrategias de la transformación digital, insertando modelos eficaces de planificación y producción, lo que asegura la sostenibilidad de la misma,
- El modelo de pronóstico es una herramienta altamente útil dentro de la planificación en las microempresas, los procesos de aplicación son ilimitados, siempre y cuando quienes lo aplica y ejecutan, enciendan claramente, sean intuitivos, apasionados y sobre todo consientes que lo requieren el modelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aravena, M., Caamaño, C., & Giménez, J. (2008). Modelos matemáticos a través de proyectos. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(1). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-24362008000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Basogain, O. X. (2019). *Redes neuronales Artificiales y sus Aplicaciones*. España: Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. Obtenido de https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf
- Birito, V., Alemán, R., Fraga, G., Para, J., & Arias, I. (2011). *Papel de la modelación matemática en la formación de los ingeniero*. Habana: Ingeniería Mecánica.
- Bocco, M. (2010). *Funciones elementales para construir modelos matemáticos* (Primera ed.). Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Obtenido de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL001843.pdf>
- Byrd, N. S. (1998). *Aplicación de redes neuronales para desarrollar un modelo de pronóstico de la demanda de dinero*. Atizapán de Zaragoza: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/628356/CEM108564.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, C. D. (2014). *Diseño de una red neuronal artificial para la predicción de la demanda eléctrica*. Loja: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11910/1/Cabrera%20Calopi%C3%B1a%2C%20Diana%20Isabel.pdf>
- Cervantes, G. L. (2015). *Modelización matemática: Principios y Aplicaciones* (Primera ed.). México: Benemerita Universidad Autónoma de Puebla.
- Del Carpio Gallegos, J. (2005). Las redes neuronales artificiales en las finanzas. *Industrial Data*, 8(2). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81680205>
- Egέα, Caparros, J. M. (1994). *Redes neuronales: concepto, fundamentos y aplicaciones en el laboratorio clinico*. Murcia.
- Escobar, G. E., Díaz, N. J., & Taracena, S. L. (2010). Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, 11(3), 289-302. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40415987005>
- Expertos Three Points. (s.f.). *threepoints.com*. Obtenido de [/blog/redes-neuronales-definición-características](#)

- Gaboa, O., & Tabares, P. (2012). *Diseño de un modelo matemático aplicado a la planeación de la producción y distribución de la Supply Chain de una empresa de consumo masivo*. Cali: Universidad UCESI.
- Ibarra, S. E., Oñate, C. Á., & Villavicencio, P. Á. (2020). Modelado para la determinación del poder calorífico de la gasificación de la balsa en instalaciones downdraft mediante redes neuronales artificiales. *Científica*, 24(2), 103-110. doi:<https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v24n2a10>
- Jahuira, V. E. (2013). *Predicción del consumo de gas natural aplicando redes neuronales*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7765/T.2705.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jiménez, P. J. (2013). *Pronóstico de demanda de llamadas en los call center, utilizando redes neuronales artificiales*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1745/ING_533.pdf?sequence=1
- Julián, G. (2016). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/las-redes-neuronales-que-son-y-por-que-estan-volviendo>
- Matich, D. J. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario: Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograias/matich-redesneuronales.pdf
- Montesinos, L. O., & Hernández, S. C. (2007). Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. *Salud Pública de México*, 49(3), 218-226. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v49n3/07.pdf>
- Motemayor, G. j. (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*. México: Editorial Digital Técnico de Monterrey.
- Perez, R. A., Mosquera Sanchez, S. A., & Bravo, J. J. (2012). Aplicación de modelos de pronósticos en productos de consumo masivo. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 10(2), 117-125. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117643>
- Quiñones, H. L., Ochoa, T. L., Gamarra, T. O., Bazán, C. J., Delgado, S. J., & Kemper, V. N. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*, 11(2), 113-124. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5722/572262509013/>
- Reyes, F. (2017). <https://es.scribd.com/>. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/342858029/Concepto-de-Pronosticos-de-Produccion>
- Rodríguez, V. J., & Steegmann, P. C. (Agosto de 2012). *Modelos Matemáticos*. Obtenido de https://recursos.salonesvirtuales.com/wp-content/uploads/bloques/2012/08/Modelos_matematicos.pdf

- Roldan, P. N. (s.f.). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
- Ruiz, C. A., & Basualdo, M. S. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario: Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograias/matich-redesneuronales.pdf
- Salas, R. (2004). *Redes Neuronales Artificiales*. Universidad de Valparaíso. Departamento de Computación. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50358783/Redes_Neuronales_Artificiales-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1642055093&Signature=S2dNOUaALchE18fsqMcQ5fP0riM59Gr-vSHNq1qMxYXxYwiRi3iMWji5vLYTNMS3hNuHaNszBhalzVrFMebZQeEDHkMOCRPOG-hCn9xYsndkmt3SfRtNkVNVYMVtMO
- Salett, B. M., & Hein, N. (1999). Modelación matemática: Estrategia para enseñar y aprender matemáticas. *Educación Matemática*, 11(1), 119-134. Obtenido de <http://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/Vol11/1/10Salett.pdf>
- Sánchez, L. E., Barreras, S. A., Pérez, L. C., Figueroa, S. F., & Olivas, V. J. (2013). Aplicación de un modelo arima para pronosticar la producción de leche de bovino en Baja California, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3), 315-324. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93929595004>
- Saucedo, C. O., Pérez, L. V., Herrera, I. L., & Fernández, P. L. (2010). Sistema de pronóstico climático del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de la papa en la provincia de Villa Clara. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(3B), 1-12. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613140038>
- SPSS Modelar. (s.f.). IBM. Obtenido de <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/SaaS?topic=networks-neural-model>
- Tablada, C. J., & Torres, G. A. (12 de Julio de 2018). *Redes Neuronales Artificiales*. (A. y. Facultad de Matemática, Ed.) Obtenido de [archive.org/web/20180712180120/http://www.famaf.unc.edu.ar:80/~revm/digital24-3/redes.pdf](https://web.archive.org/web/20180712180120/http://www.famaf.unc.edu.ar:80/~revm/digital24-3/redes.pdf)
- Tesis. (s.f.). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/>: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8701/Capitulo1.pdf>
- Torres, B. M. (s.f.). *Pronósticos, una herramienta clave para la planeación de las empresas*.
- Vidaurre, S. Y. (2012). *Aplicación de las redes neuronales artificiales para el pronóstico de la demanda de agua potable en la empresa EPSEL S.A. de la ciudad de Lambayeque*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de

Mogrovejo. Obtenido de
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/525/1/TL_Vidaurre_Siaden_Yasmin.pdf

Villareal, F. (2016). *Introducción a los Modelos de Pronósticos*. Bahía Blanca: Universidad del Sur.

ANEXOS

Anexo 1

Instalación Industrial



Bodega de materia prima	17,550 m2
Bodega de producto terminado	8,750 m2
Muelle de despacho	1,500 m2
Área de producción	20,200 m2
Sala de fuerza	750 m2
Área de mantenimiento	2,960 m2
Bodega de repuestos	3,000 m2
Embaladora	300 m2
Área de oficina	2,020 m2
Oficina de supervisores	120 m2
Área industrial	23,250 m2
Área de proyectos	24,600 m2
Área total	108,000 m.²..

Anexo 2

Planta de producción



Anexo 3

Insumos



Anexo 4

Proceso de producción de láminas



Anexo 5

Laminas producidas



Anexo 6

Láminas Empacadas para entrega

