



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CALIDAD TOTAL CON ENFOQUE PRODUCTIVO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE LÍQUIDOS EN UNA EMPRESA DE AGROQUÍMICOS EN AMATITLÁN

Adrian José Sutuc Muñoz

Asesorado por el M.B.A. Mario René Sutuc Pixcar

Guatemala, abril de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CALIDAD TOTAL CON ENFOQUE PRODUCTIVO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE LÍQUIDOS EN UNA EMPRESA DE AGROQUÍMICOS EN AMATITLÁN

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ADRIAN JOSÉ SUTUC MUÑOZ

ASESORADO POR M.B.A. MARIO RENÉ SUTUC PIXCAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Llorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADOR	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CALIDAD TOTAL CON ENFOQUE PRODUCTIVO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE LÍQUIDOS EN UNA EMPRESA DE AGROQUÍMICOS EN AMATITLÁN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de noviembre de 2022.

Adrian José Sutuc Muñoz



EEPFI-PP-2014-2022

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CALIDAD TOTAL CON ENFOQUE PRODUCTIVO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE LÍQUIDOS EN UNA EMPRESA DE AGROQUÍMICOS EN AMATITLÁN**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Calidad**, presentado por el estudiante **Adrian José Sutuc Muñoz** carné número **201807332**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

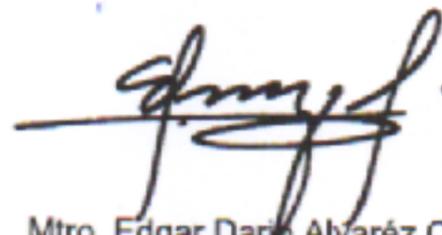
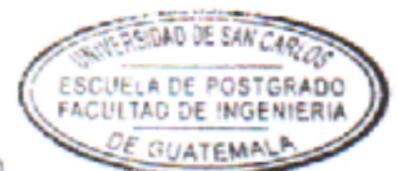
"Id y Enseñad a Todos"


Mario René Sutuc Pixcar
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 7200

Mtro. Mario René Sutuc Pixcar
Asesor(a)



Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-1659-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CALIDAD TOTAL CON ENFOQUE PRODUCTIVO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE LÍQUIDOS EN UNA EMPRESA DE AGROQUÍMICOS EN AMATITLÁN**, presentado por el estudiante universitario **Adrian José Sutuc Muñoz**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.394.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE CANTIDAD TOTAL CON ENFOQUE PRODUCTIVO EN LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADO DE LÍQUIDOS EN UNA EMPRESA DE AGROQUÍMICOS EN AMATITLAN**, presentado por **Adrian José Sutuc Muñoz**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana



Guatemala, abril de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido realizar una de las metas más importantes en mi vida.
Mis padres	Por ser mi soporte en todo momento y alentarme a llegar más lejos.
Mi hermana	Por ser un ejemplo para seguir y mi confidente.
Mis abuelos	Irma Meza, Marina y José Sutuc por enseñarme el valor del trabajo y esfuerzo.
Familia y amigos	Por ayudarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma <i>mater</i> que me permitió tener la oportunidad de alcanzar un título profesional.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Empresa Amatitlán	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	M.B.A. Mario Sutuc, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	9
3.4. Delimitación del problema	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Planificación de la producción	19
7.1.1. Plan de producción	20

7.1.2.	Planificación operativa	21
7.1.3.	Planificación táctica	22
7.1.4.	Planificación estratégica.....	22
7.2.	Sistema de producción.....	24
7.2.1.	Producción de tipo Push.....	24
7.2.2.	Producción intermitente o por lotes	24
7.2.3.	Cambios de formato entre lotes	25
7.3.	Eficiencia global de los equipos (OEE)	26
7.3.1.	OEE y su relación con el TPM.....	28
7.3.2.	Calidad	28
7.3.2.1.	Pérdidas de calidad	28
7.3.3.	Rendimiento	29
7.3.3.1.	Tolerancias y especificaciones.....	30
7.3.4.	Disponibilidad	30
7.4.	Herramientas de calidad y productividad	31
7.4.1.	Diagrama de Ishikawa	31
7.4.2.	Diagrama de Pareto	32
7.4.3.	Gráficos de control	35
7.4.3.1.	Gráficos de control por atributos	35
7.5.	Control estadístico del proceso (CEP)	36
7.5.1.	Análisis de la capacidad del proceso	37
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	41
9.	METODOLOGÍA	45
9.1.	Características de estudio.....	45
9.2.	Unidades de análisis	46
9.3.	Variables	46
9.4.	Fases del estudio	47

9.4.1.	Fase 1: exploración bibliográfica	47
9.4.2.	Fase 2: recolección de datos e información del proceso.....	48
9.4.3.	Fase 3: análisis y diagnóstico de la información del proceso	48
9.4.4.	Fase 4: redacción informe final.....	49
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	51
10.1.	Técnicas de recolección de información.....	51
10.2.	Técnicas de análisis de información.....	52
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	55
12.1.	Recursos Necesarios.....	55
13.	REFERENCIAS.....	57
14.	APÉNDICES.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plan de producción	20
2.	Secuencia del plan de producción	21
3.	Gestión de la capacidad.....	23
4.	Resumen de las categorías de procesos	25
5.	Elementos necesarios para el cálculo del OEE.....	26
6.	Estructura transcultural del OEE	27
7.	Universo de herramientas de calidad.....	34
8.	Etapas de la evolución de calidad.....	35
9.	Cronograma	53

TABLAS

I.	Recolección de datos.....	16
II.	Análisis de la información.....	16
III.	Diagnóstico de calidad actual.....	17
IV.	Diseño e implementación	17
V.	Control de calidad	18
VI.	Tabla de variables.....	46
VII.	Presupuesto	56

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
/	División
=	Igual que
%	Porcentaje
-	Sustracción

GLOSARIO

ABC	70, 20 y 10 % de los efectos.
PMP	Administración de proyectos profesional
ATO	Administración total de operaciones
CEP	Control estadístico del proceso
OEE	Eficiencia Global de los Equipos
TPM	Mantenimiento Productivo Total
MRP	Planificación de los requerimientos de material

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene el propósito de desarrollar una metodología de control con enfoque productivo, para reducir el uso de los días no planificados inicialmente en el plan de producción, especificados por lote, y por consiguiente reducir así la utilización de recursos durante la producción, impactando la relación de insumos utilizados con respecto a la producción. Para ello, se evaluará el cumplimiento histórico en el año 2022 del plan de producción en términos de tiempo mediante el indicador global de rendimiento para tener una visión global del desempeño actual de la empresa, para posteriormente obtener una mejora significativa a través de la identificación y corrección de las deficiencias en el proceso que entorpecen el cumplimiento puntual del plan de producción, impactando en los costos no planificados inicialmente.

Se espera cuantificar la frecuencia de ocurrencia de las deficiencias en el proceso productivo, para posteriormente, representarlas mediante un diagrama de Pareto para enfocarse en resolver los problemas con mayor incidencia. Posteriormente se evaluará la causa raíz de los problemas hallados mediante un diagrama de Ishikawa. El desarrollo de los indicadores es necesario para poder diagnosticar el cumplimiento histórico del plan de producción.

Comúnmente las metodologías de calidad no se centran en analizar los beneficios de ser aplicadas en algún caso en particular, sin embargo, en este trabajo de investigación se pretende realizar una comparación entre el estado inicial y final del sistema de producción, conformado por líneas de envasado de líquidos. La ejecución de este trabajo es de gran valor debido a que una organización debe centrar esfuerzos en desarrollar e implementar mejoras que

se puedan cuantificar y monetizar, si pretende mantenerse competitivamente en el mercado, beneficiando a los consumidores ya que se aumenta la calidad a través del tiempo de manera discreta pero constante.

2. ANTECEDENTES

Para que una empresa sea considerada de calidad mundial debe estudiar y mejorar sus procesos de manera continua, si lo que busca es mantenerse en el mercado de forma que puedan ofrecer la mayor calidad a un costo competitivo. En primer lugar, se debe conocer que la calidad no tiene un concepto único. Según Evans y Lindsay (2014) “La calidad puede ser un concepto confuso debido en parte a que las personas consideran la calidad de acuerdo con diversos criterios basados en sus funciones individuales dentro de la cadena de valor de producción-comercialización” (p. 12).

Según Render y Heizer (2007), “Un sistema de producción está compuesto de muchos subsistemas más pequeños que interactúan entre sí” (p. 50). Por ello se deben considerar metodologías de administración y control de la calidad en primera instancia para poder administrar de manera efectiva todos sus componentes de manera recurrente para no tener pérdidas de calidad traducidas en el no cumplimiento puntual del plan de producción.

Guillen (2017) en su investigación implementó un modelo de mejora continua en una empresa con alto posicionamiento en su rubro a nivel nacional, con el objetivo de incrementar la puntualidad en la entrega de sus productos. Se detectó al momento de aplicar la metodología PHVA, que existían deficiencias con los tiempos de entrega del proveedor e internamente el analista de compras se demoraba en colocar las ordenes de compras. Luego de aplicar medidas correctivas se observó un aumento significativo en la puntualidad, aumentando la satisfacción en el área de suministros.

Lo cual indica que a pesar de que una empresa esté posicionada competitivamente en el mercado, es posible identificar mejoras, las cuales a través del tiempo supondrán una mejora evidente en la satisfacción interna y externa con relación a una empresa en particular.

Geoppinger (2015) en su trabajo desarrolló e implementó un sistema de control de producción online, el cual permitió aumentar el cumplimiento del plan de producción y mostrar el porcentaje de utilización de máquinas, demostrando conforme el pasar del tiempo ser la mejor herramienta disponible internamente para tomar decisiones acerca de la producción.

Lo que indica que a través de la medición de los recursos es posible definir criterios que ayuden a mejorar la toma de decisiones, incluyendo medidas en respuesta a determinadas circunstancias.

Mazariegos (2018) en su investigación implementó un sistema de manejo y administración de inventarios en la bodega de materia prima de una empresa productora de agroquímicos, mediante un sistema ABC, con el propósito de resolver el incumplimiento de fechas de entrega en los pedidos de sus clientes. Logrando reducir el indicador de paros de producción con la correcta administración de inventarios.

Lo cual es extrapolable a las líneas de producción, indicando que un proceso productivo controlado mediante un sistema adaptado correctamente es candidato a la mejora en los resultados en general.

Guzmán (2016) desarrollo su trabajo con el propósito de diagnosticar la situación de una empresa agroquímica específica, para sugerir mejorar en los

métodos de gestión. Al implementar un CMI se denotó una clara mejoría en la ejecución de las actividades productivas respectivas de la organización como tal.

Todos ellos son ejemplos acertados de que siempre es adecuado investigar los procesos para determinar la implementación de una herramienta de calidad. Carro y González (2012) explican que el TQM es un camino para administrar una organización con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes o consumidores, a través del aumento significativo de la calidad de sus procesos y productos, incluyendo servicios.

Como se estableció anteriormente, un sistema de producción está compuesto por muchos subsistemas. Adam y Ebert (1991) explican que un sistema es un grupo de elementos unificados de alguna manera, interrelacionados de manera continua. Estos sistemas son variables desde grandes grupos de elementos de materiales a ejemplares reducidos. Lo cual indica que una estación productiva es un subsistema de una empresa, pero se puede definir como un sistema en general.

Un sistema se puede mejorar, si es medible, para ello se utilizará un indicador de eficiencia en el cumplimiento del plan de producción, la eficiencia “Es el logro de un objetivo al menor costo unitario posible. En este caso estamos buscando un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados” (Mejía, 1998, p. 2).

Al haber concluido con la investigación se espera una mejora considerable en la productividad, la cual “tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos” (Gutiérrez, 2010, p. 21).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La empresa es una compañía global de investigación enfocada en la salud y agro. Es una sociedad anónima que además tiene presencia en doce (12) países de Latinoamérica. Doce (12) son oficinas principales, seis (6) almacenes, seis (6) plantas de producción, un (1) centro de servicios compartidos y cuatro (4) centros de investigación, siendo de esta manera una de las empresas líder del mercado en el sector agroindustrial en tecnología e innovación para el desarrollo de productos y soluciones que brindan una mejora en la calidad de vida de las personas.

La planta de producción está ubicada en Amatlán, específicamente esta se dedica al desarrollo de productos para el cuidado de semillas, protección de cultivos y soluciones para plagas no agrícolas. El complejo industrial cuenta con dos (2) procesos productivos principales: envasado y formulación de agroquímicos líquidos y sólidos. Los cuales en su proceso productivo cuentan con líneas de envasado automatizadas y operarios que se encargan de abastecer la maquinaria de empaque, envase y comandos específicos para cada presentación y tipo de producto.

La producción se lleva a cabo bajo la instrucción de un plan de producción desarrollado mensualmente por el departamento de planificación, el cual incluye: qué productos, en qué cantidades y peso, en qué presentaciones y en qué plazos exactos se deben producir. El plan de producción se expone en tableros visuales en cada línea de producción para que los operarios estén al tanto de cómo

proceder en la producción. Cabe resaltar que se produce una cantidad de alrededor de mil quinientas (1500) presentaciones de productos por lo que se utilizan las mismas líneas de producción con cambios de formato entre presentaciones.

Adicionalmente se cuenta con un departamento de Optimización del Proceso y Excelencia Operacional el cual vela por el constante mejoramiento de la productividad a través de la medición de indicadores de desempeño como el “OEE” y “KPI’S”, los cuales indican una posible mejoría en el cumplimiento del plan de producción.

3.2. Descripción del problema

Establecer un tiempo de entrega para un producto terminado es algo que realizan todas las empresas, lo cual implica una planificación y programación de la producción, la cual abarca la totalidad o mayoría de las áreas de la empresa para llevar a cabo este proceso, sin embargo, no siempre se puede cumplir con los plazos establecidos debido a desfases que no están considerados y no se pueden prever. Por otra parte, se tiene un superficial registro de errores humanos los cuales repercuten directamente en una desviación parcial o total en los tiempos de entrega del producto terminado.

En la empresa, se generan retrasos en los cierres de órdenes de producción en las líneas de envasado de líquidos, los cuales impiden la entrega puntual de productos terminados a la bodega de producto terminado, y consecuentemente al cliente. Principalmente causados por factores operativos como reprocesos, desperdicios y errores de planificación ya que en ocasiones los requerimientos de material de empaque no son adecuados con respecto a la cantidad de producto. Lo que genera que no se pueda cumplir los plazos

establecidos en la programación del plan de producción causando de esta manera reclamos internos y externos.

Estos retrasos en la producción generan días extra de trabajo en muchas ocasiones, los cuales no se tienen contemplados en la planificación inicial de la producción, generando desviaciones en los costos definidos en la fase previa a la producción.

3.3. Formulación del problema

El problema se planteó con base en la necesidad de la empresa en cuestión, pudiendo desarrollar una pregunta central y 4 preguntas auxiliares que se detallan a continuación.

Pregunta central

¿Cómo mejorar el cumplimiento de los tiempos de operación en dos líneas de envasado de líquidos de envasado de líquidos?

Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los principales factores que generan retrasos en las líneas de producción de tipo envasado de líquidos?
- ¿Cómo saber en qué medida no se cumple la puntualidad del plan de producción?
- ¿Cómo se pueden reducir o eliminar los factores que entorpecen el cumplimiento puntual del plan de producción?

- ¿Cómo saber si las acciones correctivas mejoran el cumplimiento del plan de producción en las líneas de producción correspondientes?

3.4. Delimitación del problema

Este trabajo de investigación se llevará a cabo específicamente en el área de producción, en las líneas de envasado de líquidos denominadas envasadoras de líquidos, debido a que constituyen una de las principales fuerzas productivas de la empresa. Se desarrollará en el tiempo normal de trabajo tomando en consideración solo la producción planificada en el plan de producción mensual ya que existen ordenes de trabajo adicionales que no corresponden al objetivo de esta investigación. No se considerarán factores ajenos a la planta de producción ya que exceden el control interno de esta. Adicionalmente, se excluyen fallos mecánicos de las líneas de producción ya que no corresponden con el control de la producción al que tiene acceso el investigador.

4. JUSTIFICACIÓN

Con base en la línea de investigación productividad total se realizará el siguiente trabajo de investigación, el cual responde a la necesidad de mejorar el cumplimiento del plan de producción a cargo de los gerentes de planeación y producción en una empresa que se dedica a la formulación y envasado de agroquímicos sólidos y líquidos para exportar o distribuir a nivel nacional.

La relevancia de llevar a cabo esta investigación es principalmente porque la calidad impulsa la productividad. Por ello se deben considerar metodologías de control de la calidad para poder administrar de manera efectiva y activa todos los componentes productivos de la empresa para no tener pérdidas de calidad traducidas en el no cumplimiento puntual del plan de producción.

La correcta implementación de una metodología de calidad hará posible mejorar progresivamente las actividades, que generan valor dentro del proceso productivo de la empresa, permitiendo de esta manera mejorar el cumplimiento del plan de producción utilizando menos recursos humanos y económicos, es decir, un aumento en la productividad financiera y total.

La empresa cuenta con evidencia de retrasos en el cumplimiento del plan de producción y por ello se solicita al investigador implementar una metodología de calidad que permita identificar los principales problemas y sus efectos para reducir significativamente los días de operación que no están planificados inicialmente para terminar las órdenes de producción que presentan irregularidades.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar una metodología de calidad total con enfoque productivo para el mejoramiento del cumplimiento del tiempo en las líneas de envasados de líquidos.

5.2. Específicos

1. Identificar los factores principales que han generado retrasos históricamente en el año 2022 en las líneas de envasado de líquidos.
2. Establecer el cumplimiento actual del plan de producción mediante un indicador de eficiencia en las líneas de envasado de líquidos.
3. Establecer acciones correctivas que mejoren el cumplimiento del plan de producción en términos de tiempo en las líneas de envasado de líquidos.
4. Cuantificar la mejora del cumplimiento del plan de producción mediante las acciones correctivas con el indicador de eficacia.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Ante la necesidad de mejorar la puntualidad del cumplimiento del plan de producción, se plantea este trabajo de investigación para desarrollar una propuesta de calidad con enfoque en productividad para analizar y corregir la incidencia de factores que generan retrasos en las líneas de producción de envasado de líquidos.

Para llevar a cabo este estudio se analizará el proceso productivo de envasado de líquidos para identificar cuáles son los factores que entorpecen la puntualidad del cierre de las órdenes de producción mediante una recopilación histórica del archivo de producción de la empresa.

Con la información obtenida se desarrollará una evaluación del desempeño actual mediante un indicador de eficiencia con la variable de tiempo para las órdenes de producción que sufrieron algún tipo de retraso en un periodo de tiempo no mayor a 6 meses históricamente.

Se seleccionarán los factores que tengan más incidencia en los retrasos del plan de producción y mediante un Diagrama de Pareto y Diagrama de Ishikawa se podrán encontrar los problemas más frecuentes y sus causas raíz para formular medidas preventivas y/o correctivas para mejorar la puntualidad de finalización de ordenes de producción.

Se implementarán las medidas en las líneas de producción envasadoras y se cuantificará el cumplimiento del plan de producción mediante el indicador de eficiencia durante dos meses para evaluar si hubo mejoría

Tabla I. **Recolección de datos**

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Recopilación de las causas de paro durante la producción.	Tabular cualitativamente del archivo general de producción las causas de paro y el tiempo que retrasaron la producción.	Servidor Digital Privado, computador, internet	1 semana
Obtención de información de los productos que generan mayor inconformidad.	Entrevistas orales al personal de las líneas de producción para obtener información acerca de qué productos que presentan mayor incidencia en términos de reprocesos y rechazos.	Humano, hojas de entrevista	2 semanas

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla II. **Análisis de la información**

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Análisis de los problemas o incidencias que generan paros o retrasos en las líneas de producción envasado.	Tabular la frecuencia en cantidad de ocurrencia de problemas y representar sus efectos con un Diagrama de Pareto.	Humano, computador, Microsoft Excel	1 semana
Análisis de los problemas o incidencias más frecuentes en las líneas de producción envasado.	Encontrar la causa raíz de los problemas con mayor incidencia en las líneas de producción mediante un Ishikawa.	Humano, computador	1 semana

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla III. **Diagnóstico de calidad actual**

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Cuantificar el cumplimiento actual del plan de producción para los productos que presentaron mayor número de inconformidades.	Calcular la eficacia con la variable tiempo para el plan de producción en los órdenes del año 2022.	Humano, computador, Microsoft Excel	3 semanas

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla IV. **Diseño e implementación**

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Diseñar acciones correctivas para los productos que se evidenció que tienen mayor incidencia en el cumplimiento del plan de producción.	Con base en la causa raíz de los problemas más frecuentes en la producción, se crearán acciones correctivas para reducir o solventar estas incidencias.	Humano, computador	1.5 semanas
Implementar las acciones correctivas en las líneas Newes.	Se realizará una implementación temporal de las acciones correctivas en las líneas de producción durante 2 meses.	Humano	8 semanas

Fuente: elaboración propia, 2022.

Tabla V. **Control de calidad**

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Medir el cumplimiento del plan de producción de la implementación de las medidas correctivas	Calcular la eficacia en términos de tiempo del plan de producción para los productos seleccionados previamente.	Humano, en computador, de Microsoft Excel	1 semana

Fuente: elaboración propia, 2022.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Planificación de la producción

Según Tejero (2016), la producción se puede definir en términos de sistemas, en términos de un proceso con el cual mediante la utilización de ciertos recursos denominados *Inputs*, a los cuales al haberse aplicado cierta tecnología se obtienen bienes o servicios denominados *Outputs*.

Los recursos están divididos en categorías:

- Materiales: materias primas, componentes o consumibles
- Humanos: operarios y mano de obra
- Capital: infraestructura, maquinaria, útiles y herramientas
- Energéticos: gas, luz, entre otros

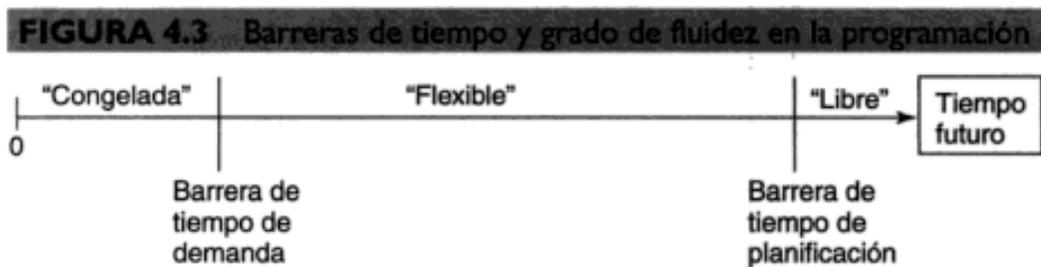
El mercado de hoy en día orillan a que la fabricación sea fluida y diversa, en donde se debe poder fabricar más de un modelo en cuestión, tomando como referencia un modelo específico.

Esto desemboca en la flexibilidad, en otras palabras, permitir que un modelo se fabrique reemplazándolo en el menos tiempo posible y al menor coste

7.1.1. Plan de producción

El plan de producción es la principal herramienta en el departamento de producción, sirve para llevar un control sobre lo que se va a producir. Esta herramienta está programada con respecto a la demanda y capacidad de oferta de una organización.

Figura 1. Barreras de tiempo y grado de fluidez en la programación



Fuente: Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Pearson educación.

Según Arbós (2012):

La gestión de los materiales en los procesos de producción basados en el modelo MRP parten del denominado Plan Maestro de Producción (PMP), que determina la producción del producto final a llevar a cabo y en qué cantidades y momentos (en función de los objetivos de la empresa, de la previsión de ventas y, en la medida de lo posible, de la capacidad de producción disponible) y a partir de él van deduciéndose las necesidades de materiales y componentes. Asimismo, debe ser revisado y actualizado de manera periódica para poder adaptarse a las fluctuaciones de la demanda y reflejar así la situación real. (p. 391)

Figura 2. **Secuencia del plan de producción**



Fuente: Arbós, L. C. (2012). *Planificación de la producción. Gestión de materiales: Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos.

7.1.2. **Planificación operativa**

Según Urquiola, Agüero, Garza (2016):

Cuando hablamos de planificación operativa nos estamos refiriendo a la determinación de las metas de corto plazo, las cuales permiten hacer operativas las estrategias. A partir de esto es posible realizar la programación de las actividades y la estimación del presupuesto que se requiere para llevarlas a cabo. La planificación operativa tiene que ver con la generación de metas y compromisos internos que son parte de la programación para lograr los productos en la cantidad y el tiempo necesario. (p. 1)

7.1.3. Planificación táctica

Según Urquiola, Agüero, Garza (2016):

La planificación agregada conocida también como planeación combinada, se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como objetivo principal, establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de un horizonte de tiempo que, generalmente, fluctúa entre 3 y 18 meses, de tal forma que se logre cumplir con las necesidades establecidas en el plan a largo plazo, manteniendo a la vez niveles mínimos de costos y un buen nivel de servicio al cliente.

Se refiere a la determinación de la cantidad de producción, los niveles de inventario, la cantidad de recursos necesarios y el tamaño de la plantilla en cada período de tiempo, con el fin de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a medio plazo. Puede cumplir una función de coordinación de las decisiones tácticas correspondientes a las diversas áreas funcionales de la empresa. (p. 1)

7.1.4. Planificación estratégica

Como indican Braidot, Formento y Nicolini (2007), para que una organización sea competitiva a través del tiempo, esta debe aplicar procesos de análisis y además decisiones, en el contexto de la planificación estratégica. Ese proceso pretende sistematizar, coordinar y delimitar el esfuerzo que ejecuta una empresa para mejorar la eficiencia global.

Dentro del marco de la eficiencia se consideran dos tipos de competitividad, la interna, la cual hace referencia al potencial de la organización para adjudicar el mayor desempeño de los recursos existentes.

Según Urquiola, Agüero, Garza (2016):

La planificación estratégica consiste en la adopción de una correcta estrategia de operaciones, definida como una visión de la función de operaciones que depende de la dirección para la toma de decisiones, la cual debe ser una estrategia funcional que debe guiarse por la estrategia empresarial y cuyo corazón debe estar constituido por la misión, la competencia distintiva, los objetivos y las políticas. (p. 1)

Figura 3. **Gestión de la capacidad**



Fuente: Urquiola, I., Agüero, L., y Garza, R. (2016). *La clasificación Pull-Push como elemento en la selección de herramientas para la planificación y control de la producción.*

7.2. Sistema de producción

Un sistema de producción comprende todos los elementos relacionados entre sí, comprende el recurso humano, tecnológico y de infraestructura. Además de todas las actividades dedicadas a la transformación de la materia prima.

7.2.1. Producción de tipo Push

Según Urquiola, Agüero y Garza (2016):

Aquella organización de la producción en la que la compra y la fabricación se realiza antes de recibir pedidos de clientes, basándose en previsiones y trabajando contra *stocks*.

El flujo tipo PUSH tiene las siguientes características:

- Mayores *stocks* (implica mayor costo financiero y más riesgo de obsoletos).
- Simplifica la gestión de información.
- Su mayor peligro son las “rupturas de stock”, o sea quedarse sin inventario para atender los pedidos. (p. 1)

7.2.2. Producción intermitente o por lotes

Según Chapman (2006), muchos centros de manufactura del mundo están en esta categoría, siendo considerados “término medio”. Los equipos tienden a ser más especializados que el de los talleres, pero flexible como para producir

gran variedad de diseños. La capacidad recae mayormente en el equipo o maquinaria especializados, significa que no requiere en cuestión que los operarios estén altamente calificados como en otros tipos de producción. Frecuentemente las empresas que utilizan este tipo de manufactura se organizan esquemáticamente en grupos homogéneos, siendo el común denominador las habilidades de los operarios y características de la maquinaria, permitiendo la movilidad del trabajo entre áreas mientras se lleva a cabo la producción. Esta denominación fabrica lotes discretos.

Figura 4. **Resumen de las categorías de procesos**

	<i>Proceso de trabajo</i>	<i>Por lotes</i>	<i>Repetitivo</i>
Equipo	De propósito general	Semiespecializado	Altamente especializado
Habilidad de la fuerza laboral	Altamente calificada	Semicalificada	No calificada
Enfoque administrativo	Solucionador de problemas técnicos	Liderazgo de equipos	Eficiencia (mantener el proceso funcionando)
Volumen de la producción por diseño	Bajo	Medio	Alto
Variedad de diseños producidos	Alto	Medio	Bajo
Entorno del diseño	ETO, MTO	MTO, ATO, MTS	ATO, MTS
Flujo del trabajo	Variable, desorganizado	Más definido	Altamente definido y fijo

Fuente: Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Pearson educación.

7.2.3. Cambios de formato entre lotes

Para poder producir gran cantidad de presentaciones de producto, las líneas de producción deben ser capaces de cambiar de formato, según Chapman (2006), un proceso por lote puede generar muchas unidades de un modelo en específico, utilizando muchas horas antes de realizar un cambio en la configuración o formato para producir otro lote de un producto ligeramente

distinto (presentación o contenido), sin embargo, este modelo es útil para el Armado Bajo Pedido (ATO).

7.3. Eficiencia global de los equipos (OEE)

La efectividad global del equipamiento de una planta de un proceso productivo desarrollada por Seiichi Nakajima es el primer abordaje de realidades industriales como un sistema complejo. Utiliza una matemática basada en la lógica unicista que el autor no conocía, ya que es de publicación más reciente que este desarrollo. El OEE es un método de medición de performance productiva que integra datos de la disponibilidad del equipamiento, de la eficiencia de la performance y de la tasa de calidad que se logra. (Belohlavek, 2006, p. 23)

Figura 5. Elementos necesarios para el cálculo del OEE

Disponibilidad	Hora de Inicio
	Hora de Finalización
	Horas Trabajadas
	Horómetro Inicial
	Horómetro Final
	Horas Operativas
	Receso 1
	Receso 2
	Total Recesos
Desempeño	Hora Estimada de Inicio
	Hora Estimada de Finalización
	Horas Estimadas de Operación
	Hora Real de Inicio
	Hora Real de Finalización
	Horas Reales de Operación
	Unidades Estimadas por Hora
	Total Unidades Estimadas
	Total Unidades Producidas
Calidad	Total Unidades Producidas
	Unidades Desechadas
	Unidades a Reproceso
	Unidades de Muestra
	Merma en Unidades
	Total Unidades Aceptadas

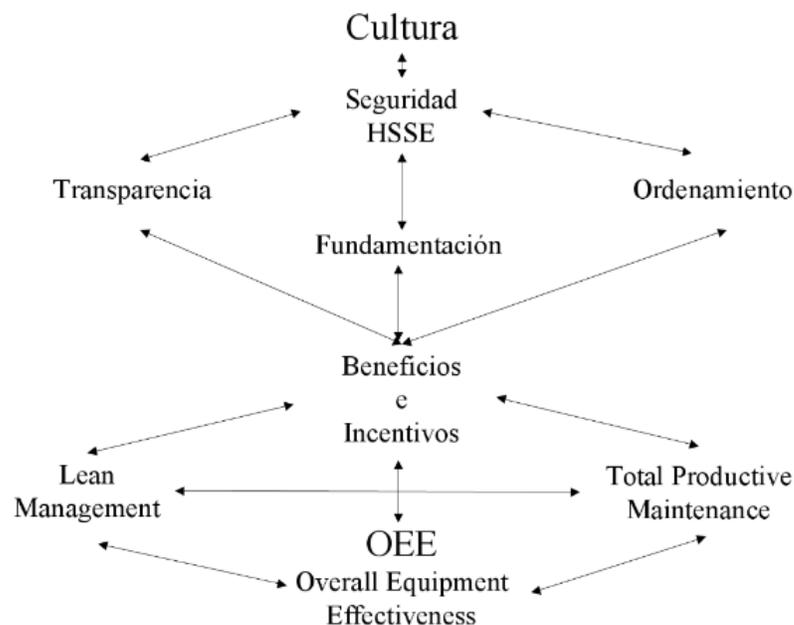
Fuente: González, H. L. A. (2009). *Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo)*. Contribuciones a la Economía, (2009-10).

El OEE “Es un concepto de “primitivas semánticas”. Es un concepto que se integra directamente con acciones y no requiere su análisis a través de conceptos” (Belohlavek, 2006, p. 28).

“Sintéticamente podemos decir que los pilares operativos para el correcto funcionamiento de un sistema OEE son:

- La mejora continua
- Los conocimientos
- Los objetos
- Los métodos operativos
- La investigación de problemas
- Las acciones correctivas” (Chapman, 2006, p. 21).

Figura 6. **Estructura transcultural del OEE**



Fuente: Belohlavek, P. (2006). *OEE: overall equipment effectiveness*. Blue Eagle Group.

7.3.1. OEE y su relación con el TPM

Según González (2009), el OEE analiza y califica los diferentes tipos de desperdicios, los cuales se pueden producir en un proceso productivo. La clasificación de estos proviene del TPM, los cuales se definen como “Seis Grandes Pérdidas”. Estas tienen a reducir el tiempo efectivo durante el proceso y la producción que se quiere alcanzar a un punto óptimo.

7.3.2. Calidad

La calidad resulta de comparar la cantidad de bienes o servicios producidos de los parámetros de calidad establecidos con la cantidad total de bienes o servicios producidos en la realidad.

Es el factor que está más cerca de influir en el mantenimiento ya que las pérdidas de calidad suelen tener un resultado económico negativo por la pérdida de materiales y horas de producción.

Es en este punto donde los métodos de investigación de causas de los problemas son más necesarios y requieren un alto nivel de conocimiento y objetividad técnica. (Belohlavek, 2006, p. 29)

7.3.2.1. Pérdidas de calidad

“La pérdida de calidad ocurre cuando la maquinaria fabrica productos que no son buenos a la primera” (Belohlavek, 2006, p. 3).

Según Belohlavek (2006), los desechos son los productos que no están con respecto a las especificaciones establecidas por el departamento de calidad,

incluyendo aquellos que no hayan cumplido con estas especificaciones puedan ser vendidos. El propósito de la metodología cero defectos es fabricar los mejores productos desde el primer intento.

Se deben considerar, además pérdidas especiales en el arranque de la operación:

- En el arranque de la maquinaria
- Los productos del final del lote de producción
- Los considerados como pérdidas

Como indica Belohlavek (2006), los productos retrabajados se incluyen en los productos que no cumplen con las especificaciones de calidad desde la fabricación inicial, pero pueden ser reprocesados y transformados en productos de calidad aceptable. En primera instancia estos parecen ser de buena calidad, incluso a los ojos del operador, pero estos no cumplen con los requisitos de calidad, por lo que se consideran una pérdida de calidad.

7.3.3. Rendimiento

Representa la propiedad del mantenimiento de acercarse lo más posible a la conservación de la capacidad productiva para alcanzar su capacidad potencial. La *performance* se mide entonces como un desvío entre la producción real y la potencial. La determinación de la producción potencial implica en algunas industrias, como las extractivas, una restricción que necesita ser resuelta para asegurar la objetividad de la medición. (Belohlavek, 2006, p. 29)

7.3.3.1. Tolerancias y especificaciones

Niebel y Freivalds (2014), las tolerancias y especificaciones que se relacionan con la calidad del producto son la capacidad de este para satisfacer ciertas necesidades. Los diseñadores suelen incorporar especificaciones rígidas, lo cual indica que puede existir un sesgo entre el costo asociado de mantener esas especificaciones y tolerancias a través del tiempo. Por lo que debe considerarse esta posibilidad al momento de llevar a cabo el estudio.

7.3.4. Disponibilidad

“La disponibilidad del equipamiento es el factor más observable. Lo que no resulta observable son los matices de disponibilidad durante las puestas en marcha o paradas que generan faltas en la disponibilidad más allá de lo evidente” (Belohlavek, 2006, p. 29).

Según González (2009), una pérdida de tiempo está dada por el tiempo que una máquina debería haber producido, pero no lo ha hecho, es decir, que ningún producto es fabricado en ese periodo.

Una avería es un desperfecto no esperado que produce una pérdida de tiempo durante la producción. La razón de este fallo puede ameritarse a una avería técnica u organizativa (González, 2009).

El tiempo productivo es disminuido también cuando la maquinaria está en modo de espera, lo cual se puede atribuir a un cambio por mantenimiento, pero por descanso de personal (González, 2009).

7.4. Herramientas de calidad y productividad

Según Rodríguez y Gómez (1991), la calidad es una noción que expresa las características y cualidades del producto o servicio prestado por una organización. Las definiciones más importantes con las cuales se relaciona la calidad es calidad de adecuación al uso y el grado en el que satisfacen las expectativas de los clientes.

Productividad se ha vinculado restringidamente a una razón de producto/insumos y a ser operacionalizada cuantitativamente, por lo que se suele malinterpretar y disminuir su relevancia (Rodríguez y Gómez, 1991).

Las definiciones que complementan se denominan por la capacidad de crear (calidad de lo que es productivo) y aprovecharlo productivamente, para mejorar la calidad humana (Rodríguez y Gómez, 1991).

Según Rodríguez y Gómez (1991) la productividad pondera el potencial de un sistema netamente para producir los productos o servicios necesarios, que se acoplan a los usos y se ponderan por el nivel en que usan adecuadamente los recursos usados para determinada fabricación. En otras palabras, el valor agregado, el cual se divide en:

- Producir lo que el mercado valora.
- Producir con el menor consumo de recursos de los disponibles.

7.4.1. Diagrama de Ishikawa

Según Rojas (2009), esta herramienta se utiliza para relacionar las causas de un problema con sus respectivos efectos. Debido a su naturaleza visual, se

puede aplicar en grupos de trabajo. Se lleva a cabo durante una lluvia de ideas de los participantes sobre las posibles causas a un determinado problema. Se ordenan jerárquicamente y se descartan las no relevantes.

La forma común de organizar las causas está dada por las “M”:

- Máquina
- Materia prima
- Método de trabajo
- Mano de obra
- Medio ambiente

Se recomienda llegar al menos a un tercer nivel de profundidad.

7.4.2. Diagrama de Pareto

“El Diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención” (Camisón, 2009, p. 29).

Según Prokopenko (1989), este diagrama se basa en la premisa de que el 80 por ciento de los resultados procedían del 20 por ciento del esfuerzo. Se establece que es una herramienta útil para el análisis de la productividad, ya que centra la atención del investigador en los problemas más relevantes, por lo que se establecen prioridades para intervenir.

Las etapas fundamentales del análisis de Pareto son las siguientes:

- Enumeración de los elementos (productos o procesos) que van a analizarse por orden ascendente de empleo, costo o incidencia.
- Determinación del uso, costo o incidencia total.
- Indicación del uso individual, etc., como porcentaje del total.
- Preparación de una columna acumulativa con respecto a la etapa 3.
- Diferenciación de columna de porcentaje acumulativo en tres grupos principales, 70, 20 y 10 por ciento, (ABC respectivamente).
- Iteración de los pasos 1 al 4 para los procesos a estudiar. Con la salvedad de relacionar los aspectos ABC con el porcentaje.
- Comparativa de la columna del porcentaje acumulativo de uso/costo/incidencia con la columna de porcentaje acumulativo del elemento. (Prokopenko, 1989, p. 143)

Según Camisón (2009), un proceso se puede definir como una consecución de actividades lógicamente diseñadas para generar un *Output* establecidos previamente para determinados clientes, con determinados *Inputs* que generan valor.

Como indica Camisón (2009), los procesos se pueden clasificar como:

- Procesos operativos: y son pertenecientes a la actividad de la organización.

- **Procesos estratégicos:** son aquellos a través de los cuales la organización define sus objetivos y crea sus estrategias.
- **Procesos de apoyo:** los que brindan los recursos para que los procesos sean realizables (logística, formación, informáticos).
- **Críticos y clave:** son los que están centrados en satisfacer al cliente, y utilizan un gran número de recursos de la empresa.

Figura 7. **Universo de herramientas de calidad**

	Funciones	Herramientas
Fundamentos	Recoger los datos	Hoja de recogida de datos
	Interpretar los datos	Histograma
Pilares	Estudiar las relaciones causa-efecto	Diagrama de espina
	Fijar prioridades	Diagrama de Pareto
Instrumentos auxiliares	Estratificar los datos	Estratificación
	Determinar las correlaciones	Diagrama de correlación
	Determinar si un proceso está bajo control o si no lo está	Gráfico de control

Fuente: Camisón, C. (2009). *La gestión de la calidad por procesos. Técnicas y herramientas de calidad.*

Como indica Camisón (2009), la aplicación de una determinada herramienta depende de la meta que se precisa conseguir. En la operación normal se pueden utilizar todas en conjunto y paralelamente. Generalmente estas herramientas son aplicables para rastrear y corregir la mayoría de los problemas que suceden en la empresa.

Figura 8. **Etapas en la evolución de calidad**

Etapas	Enfoque
Inspección	Producto
Control Estadístico	Proceso / Producto
Aseguramiento de la calidad	Sistema / Procesos
Administración de la calidad total	Personas / Sistemas / Procesos

Fuente: Braidot, Formento, y Nicolini, (2007). *Desarrollo de una metodología de diagnóstico para empresas PyMEs industriales y de servicios: Enfoque basado en los sistemas de administración para la Calidad Total.*

7.4.3. Gráficos de control

Camisón (2009), los gráficos de control son herramientas de tipo gráfico que se usan para cuantificar la variación o variabilidad del proceso estudiado. Se conforma mediante la valoración para conocer si el proceso productivo se encuentra controlado o fuera de sus límites estadísticos previamente calculados.

7.4.3.1. Gráficos de control por atributos

Como indica Camisón (2009), este tipo de gráficos ponderan una característica denominada discreta, o sea, muestran si pasa determinado fenómeno. Se pueden encontrar diversos tipos de gráficos, los más recurrentes son los de tipo p, p n, y c.

El de tipo p, se centra en estudiar como variable una relación de pieza fuera de especificaciones. Es decir que la muestra en cuestión no sea constante. Paralelamente, el de tipo p n, cuantifica el número de piezas fuera de especificaciones. La muestra debe ser igual para todos los casos. Finalmente, el de tipo c cuantifica los defectos por unidad, en muestras de tamaño constante (Camisón, 2009).

7.5. Control estadístico del proceso (CEP)

Hernández y Da Silva (2016), en el presente existen distintas herramientas que pueden ser usadas con el propósito de mejorar y realizar un diagnóstico del sistema como tal, existe una rama principal centrada en la aplicación de técnicas para mejorar el sistema operacionalmente, permitiendo convertir los productos a mayor calidad observable.

Una herramienta utilizada es el Control Estadístico de Proceso, el cual es una rama de la calidad que se centra en recolectar, interpretar y analizar la información de un sistema, delimitando una comparativa de rendimiento, validación de desvíos para su uso en las medidas para mejorar y controlar la calidad de lo producido por la organización (productos, servicios, entre otros) (Hernández y Da Silva, 2016).

El Control Estadístico del Proceso permite al investigador aplicar las medidas correctivas previo a la aparición de no conformidades, indicando si el proceso funciona como se ha diseñado o si el proceso se sale de las especificaciones determinadas de calidad (Hernández y Da Silva, 2016).

El Control Estadístico de Proceso hace posible saber cómo se comportará el proceso en cuestión y prever el desempeño que este tendrá, el comportamiento se analiza mediante mediciones asociadas, teniendo presente el concepto de capacidad y además estabilidad. Para que un proceso pueda ser considerado estable, este debe ser reproducible. Si el proceso es estable a través del tiempo, permite que sea previsible (Hernández y Da Silva, 2016).

La toma de datos es esencial para una medición confiable, pero aun cuando esto se haya realizado de manera correcta, se puede cuestionar la

investigación si la medición y reporte no son realizados de la manera correcta. Los datos tienen una distribución definida aun que se hayan obtenido de manera desordenada (Hernández y Da Silva, 2016).

7.5.1. Análisis de la capacidad del proceso

El índice de capacidad del proceso es una función adimensional de los parámetros del proceso (μ , σ) y de la especificación del proceso (LSE, VN, LIE), desarrollados para proporcionar un lenguaje común y de fácil entendimiento para la calificación del desempeño del proceso.

Donde:

μ = media del proceso

σ = varianza de las variables de calidad del proceso

LSE = límite superior de especificación

LIE = límite inferior de especificación

VN = valor nominal

Para cumplir más adecuadamente con la función de predecir cuantos de los productos del proceso van a satisfacer a las especificaciones fue creado el índice Cp, llamado Índice de Capacidad Potencial del Proceso, que mide la dispersión permitida del proceso por la medida de la real dispersión del proceso. La dispersión está relacionada con los límites de especificación, pero la situación del proceso no es considerada ni en la definición ni en el cálculo del Cp.

$$C_p = \frac{\text{Dispersión permitida del proceso}}{\text{Dispersión real del proceso}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Donde:

LSE y LIE: Son los límites de especificación superior e inferior respectivamente.

σ : representa la dispersión de las variables de calidad del proceso.

La dispersión real del proceso generalmente se asume de 6σ , lo que representa en la teoría normal, la anchura del intervalo que contiene el 99,73 % de la población. La dispersión permitida del proceso es considerada fija, mientras que la dispersión real del proceso debe ser estimada. Como el Cp mide la dispersión del proceso con relación a los límites de especificación sin contar con la localización media del proceso, es posible que con un valor de Cp alto, tengamos productos fuera de la especificación, debido a que la media del proceso está suficientemente próxima a los límites de especificación. Por eso fue introducido el índice Cpk, que lleva en cuenta la variabilidad del proceso y su ubicación con relación a los límites.

La evaluación del proceso a través del uso del Cpk se hace de la siguiente manera:

$Cpk \geq 2,00$: proceso excelente, altamente confiable.

$1,33 < Cpk < 2,00$: proceso capaz, relativamente confiable.

$1,00 < Cpk < 1,33$: proceso relativamente incapaz, poco confiable.

$0 < Cpk < 1,00$: proceso incapaz, pudiendo tener producción defectuosa.

$Cpk < 0$: proceso totalmente incapaz, sin condiciones de mantener las especificaciones.

Se presentan dos formas equivalentes para el índice Cpk. La primera fórmula considera los límites de especificación superior e inferior separadamente. La segunda fórmula utiliza la desviación de la media del proceso por el punto medio de los límites de especificación. Antes de presentar el índice Cpk, será necesario considerar otros dos índices: CPU y CPL.

Considerando el caso de especificación superior se define:

$$CPU = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

Análogamente para procesos con especificación inferior se tiene:

$$CPU = \frac{\mu - LIS}{3\sigma}$$

Para el caso de especificaciones bilaterales se define el índice como, $Cpk = \text{mínimo}(CPL, CPU)$. El índice Cpk, por tanto, determina la distancia entre la media del proceso y el límite de especificación más próximo. La relación entre Cp y Cpk es definida por:

$$Cpk = (1 - k)Cp$$

Donde:

$$k = \frac{2(VN - \mu)}{LSE - LIE}$$

μ = media del proceso y VN = valor nominal del proceso

Donde:

k: representa la porción de la dispersión de la dispersión permitida del valor del proceso no producida en el objetivo.

Si $k=0$, la media del proceso coincide con el valor central. Si $k=1$, la media del proceso está localizada en uno de los límites de especificación. Las dos definiciones de C_{pk} son algebraicamente equivalentes para $0 < k < 1$ y el valor central coincide con el punto medio de los límites de especificación. Siempre será de extrema importancia comparar los límites C_p y C_{pk} para cada característica. Si el proceso posee un bajo C_{pk} , entonces el índice C_p debe ser verificado para determinar si la variabilidad es demasiado alta. Si C_p está próximo al valor de C_{pk} , entonces la operación del proceso no representa un problema. (Hernández y Da Silva, 2016, p. 1)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Envasadoras de agroquímicos

1.1.1. Aspectos generales

1.1.2. Funcionamiento

1.1.3. Centrales agroquímicos en Guatemala

1.2. Agroquímicos

1.2.1. Características

1.2.2. Manejo y almacenamiento de agroquímicos

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Planificación de la producción

2.1.1. Plan de producción

2.1.2. Planificación operativa

2.1.3. Planificación táctica

2.1.4. Planificación estratégica

- 2.2. Sistema de producción
 - 2.2.1. Producción de tipo Push
 - 2.2.2. Producción intermitente o por lotes
 - 2.2.3. Cambios de formato entre lotes
 - 2.3. Eficiencia global de los equipos (OEE)
 - 2.3.1. OEE y su relación con el TPM
 - 2.3.2. Calidad
 - 2.3.2.1. Pérdidas de calidad
 - 2.3.3. Rendimiento
 - 2.3.3.1. Tolerancias y especificaciones
 - 2.3.4. Disponibilidad
 - 2.3.4.1. Pérdidas de tiempo
 - 2.4. Herramientas de calidad
 - 2.4.1. Diagrama de Ishikawa
 - 2.4.2. Diagrama de Pareto
 - 2.4.3. Gráficos de control
 - 2.4.3.1. Gráficos de control por atributos
 - 2.5. Control estadístico del proceso
 - 2.5.1. Análisis de la capacidad del proceso
3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 3.1. Identificar los factores principales que han generado retrasos históricamente en 2022 en las líneas de envasado de líquidos.
 - 3.1.1. Tabulación de causas de paro
 - 3.2. Establecer el cumplimiento actual del plan de producción mediante un indicador de eficiencia en las líneas de envasado de líquidos

- 3.3. Establecer acciones correctivas que mejoren el cumplimiento del plan de producción en términos de tiempo en las líneas de envasado de líquidos.
 - 3.3.1. Depuración y análisis de información
 - 3.4. Cuantificar la mejora del cumplimiento del plan de producción mediante las acciones correctivas con el indicador de eficacia.
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- 4.1. Identificar los factores principales que han generado retrasos históricamente en 2022 en las líneas de envasado de líquidos.
 - 4.2. Establecer el cumplimiento actual del plan de producción mediante un indicador de eficiencia en las líneas de envasado de líquidos
 - 4.3. Establecer acciones correctivas que mejoren el cumplimiento del plan de producción en términos de tiempo en las líneas de envasado de líquidos.
 - 4.3.1. Diseño
 - 4.3.2. Implementación
 - 4.4. Cuantificar la mejora del cumplimiento del plan de producción mediante las acciones correctivas con el indicador de eficacia.
 - 4.4.1. Diagnóstico final del sistema de producción de envasado

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El proyecto planteado tiene un enfoque cuantitativo, tendrá un alcance descriptivo y un diseño experimental.

9.1. Características de estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo debido a que la naturaleza de las metodologías de calidad requiere la medición puntual de variables con indicadores para que sea posible estudiar el resultado de aplicar medidas con respecto a los hallazgos del proceso en cuestión.

El alcance del estudio es de tipo descriptivo, ya que se pretende describir el proceso productivo de envasado de líquidos, explorando las características que rodean este proceso medidas a través de indicadores que nos permitan visualizar la eficiencia del proceso con respecto al plan de producción, es decir, lo planificado comparado con la ejecución de este. La variable principal descrita es precisamente una representación de la ejecución de la planificación para poder determinar el desempeño real de la utilización del tiempo disponible para producir, con el fin de detectar a manera global si existe una deficiencia en la utilización de los recursos.

El diseño adoptado será experimental, ya que se analizará la información acerca de los factores que influyen en el cumplimiento puntual del plan de producción, estudiando todas las desviaciones con respecto a la planificación inicial de cada mes, luego de aplicar medidas correctivas diseñadas con base a

la evidencia a estudiar, se observará si las medidas aplicadas son beneficiosas para el mejoramiento del cumplimiento puntual del plan de producción.

9.2. Unidades de análisis

La población de estudio son las líneas de envasado de líquidos número 3 (tres) y 5 (cinco) que corresponden a la mayor fuerza productiva de la empresa (pueden trabajar independientemente una de la otra), siendo así la unidad de análisis el proceso productivo de envasado. Se analizarán como variables independientes todos los desperdicios, reprocesos, tiempos muertos y desviaciones de calidad en general. De acuerdo con el procedimiento desarrollado para mejorar la puntualidad del cumplimiento del plan de producción, se analizarán como variables dependientes: la Calidad, Rendimiento, Disponibilidad, Eficiencia Global, y desfase del plan de producción.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla VI. **Tabla de variables**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Error relativo del cumplimiento del plan de producción	“Es la razón entre la magnitud del error (absoluto) y la magnitud medida” (Gil, 2013, p. 22).	Error Relativo = (días planificados en producción – días utilizados en producción) / días estimados planificados

Continuación de la tabla VI.

Variable	Definición teórica	Definición operativa
%OEE (Eficiencia total de los equipos)	“El OEE es un concepto que permite medir la producción industrial en función de la Disponibilidad, Performance y Calidad de una planta” (Belohlavek, 2006, p. 28).	$\%OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Desempeño} * \text{Calidad}$
% Disponibilidad de equipo	“Tiempo real de la máquina produciendo” (González, 2009, p. 2).	$\% \text{ Disponibilidad} = \text{Tiempo de operación disponible} / \text{Tiempo de operación total}$
% Rendimiento	“Producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo” (González, 2009, p. 2).	$\% \text{ Rendimiento} = \text{Output total} / \text{Output potencial}$
% Calidad del proceso	“Producción sin defectos generada” (González, 2009, p. 2).	$\% \text{ Calidad} = \frac{\text{Output total} - \text{Unidades defectuosas}}{\text{Producción total}}$

Fuente: elaboración propia, 2022.

9.4. Fases del estudio

Se describirán a continuación cinco fases del estudio.

9.4.1. Fase 1: exploración bibliográfica

En esta primera fase se realizará una consulta y de la bibliografía disponible con relación al tema, para poder adquirir más conocimientos acerca de la medición de las variables que influyen en el cumplimiento de un plan de producción y la mejor manera de diagnosticar cualitativa y cuantitativamente este.

Con base en la información recopilada, se podrá tener un panorama acorde a la metodología a utilizar, para estudiar las variables de medición de la eficiencia global de la utilización de los recursos de la empresa y en qué medida afectan los factores de planificación, calidad y proceso el cumplimiento puntual del este.

9.4.2. Fase 2: recolección de datos e información del proceso

Se recabará información del proceso envasado de líquidos en la empresa:

- Tabulación en tablas y gráficos en Excel de las causas de paro en general que afectaron a las líneas de producción tres y cinco, incluyendo el tiempo de duración, producto y presentación.
- Diagnóstico cuantitativo inicial del rendimiento en producción, mediante el cálculo del OEE y Error Relativo del plan de producción.

9.4.3. Fase 3: análisis y diagnóstico de la información del proceso

Posteriormente a haber recopilado la información del proceso de envasado de líquidos, se procede a analizar los resultados de la recopilación inicial, discriminando las causas de paro que no son significativas para el estudio.

Se utilizará Excel como herramienta principal de cálculo y Minitab como herramienta auxiliar para analizar la capacidad del proceso (Control Estadístico del proceso).

Se utilizará un diagrama de Ishikawa para representar las causas principales de paro considerando cómo efecto principal el retraso en el plan de producción, seguidamente se introducirá la información en un Diagrama de Pareto para localizar las causas principales para poder desarrollar el estudio en base a estos hallazgos.

9.4.4. Fase 4: redacción informe final

Al haber concluido la fase anterior se puede diseñar una propuesta correctiva aplicable a las líneas de producción mediante:

- El diseño de acciones y medidas correctivas para las causas que generan el mayor desfase de puntualidad de producto a la bodega de producto terminado con respecto al tiempo planificado inicialmente.
- Implementar las acciones y medidas correctivas desarrolladas a las líneas de envasado de líquidos principales.
- Medir el cumplimiento del plan de producción luego de la implementación de las medidas correctiva a través del OEE y Error Relativo de cumplimiento del plan de producción.
- Realizar un análisis comparativo mediante la comparación de los resultados del OEE y Error Relativo para saber si las medidas implementadas mejoran significativamente el cumplimiento del plan de producción.
- Análisis final de la capacidad del proceso para determinar si el proceso está en control conforme se ha diseñado.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información se obtendrá de manera presencial y remota, predominando la segunda mencionada, ya que la investigación no requiere la presencia permanente del investigador en planta. En primer lugar, se hará una toma de datos inicial para poder diagnosticar el sistema de producción. Posteriormente al haber depurado y analizado la información se hará una intervención posterior para recopilar los datos que darán como resultado las conclusiones representativas del estudio.

10.1. Técnicas de recolección de información

Muestreo no probabilístico, consecutivo: se seleccionan las líneas de producción 3 y 5 debido a que están disponibles hacia el investigador, ya que no se puede considerar toda la población del proceso productivo al no ser tan representativas como la muestra seleccionada.

Tabulación: se recopilará información del servidor privado de la organización donde se exponen las causas de paro durante la producción y el tiempo que se prolongó dicha eventualidad, esto con el propósito de tener una visión global de las incidencias no planificadas.

Grupo de discusión: se realizará con los gerentes de calidad y de optimización del proceso con el fin de tener un diagnóstico preliminar de la situación en las líneas de producción de objeto de estudio, con el fin de conocer a priori lo que se puede esperar al concluir el estudio.

10.2. Técnicas de análisis de información

Todos los cálculos serán llevados a cabo con Microsoft Excel, herramienta que permite el procesamiento y representación de la información mediante gráficos y tablas que permiten al investigador tomar decisiones y realizar las consultas necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Visualización de datos: mediante gráficos y tablas que permitirán al investigador obtener conclusiones y deducciones con respecto al comportamiento inicial y final del sistema de producción ante la intervención para mejorar la eficiencia global de este.

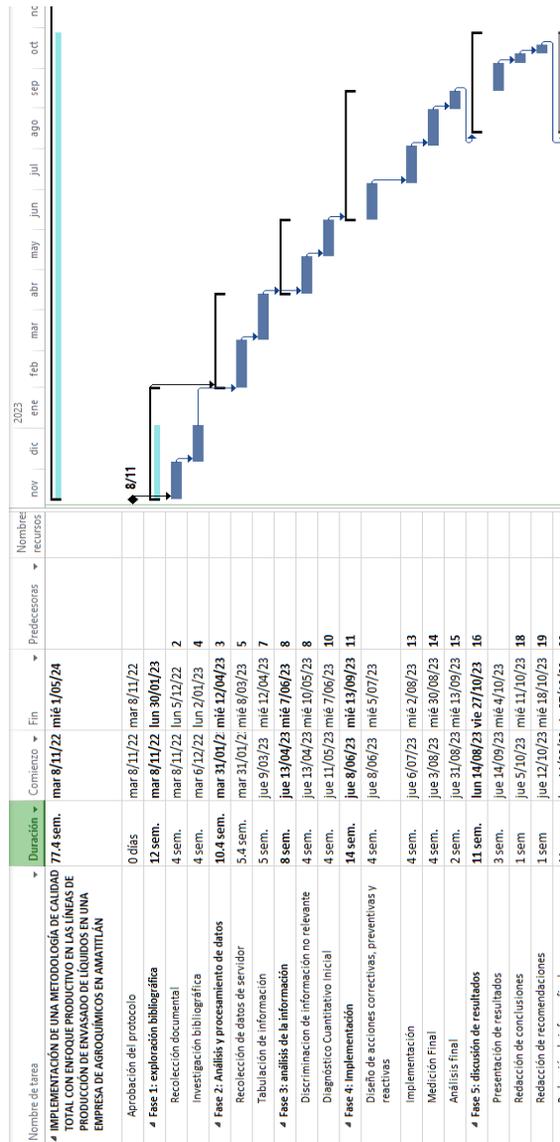
Cálculo de eficiencia global (OEE): con la información obtenida se calculará la eficiencia global en las líneas de producción 3 y 5 en el año 2022, con el fin de tener una medición cuantitativa del rendimiento del equipo

Con base en los resultados del cálculo de eficiencia global se procederá a hacer un análisis de calidad de la información para determinar las causas raíz de los retrasos productivos. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas.

- Diagrama de Ishikawa: para visualizar las causas raíz del problema principal de este trabajo.
- Diagrama de Pareto: permite centrar los esfuerzos del investigador en los problemas principales que engloban al sistema de producción como tal.

11. CRONOGRAMA

Figura 9. Cronograma



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La ejecución de esta investigación es factible ya que se cuenta con todos los recursos y permisos requeridos:

12.1. Recursos Necesarios

Para que esta investigación sea realizada, se requiere de la participación y utilización de los siguientes recursos:

- Humanos: participación de los operarios y gerentes de producción, optimización del proceso y planificación para consultas generales y específicas acerca del proceso de producción.
- Tecnológico: acceso a servidor privado de la organización.
- De infraestructura: acceso a oficinas centrales de producción y generales.
- Datos históricos de producción: para el cálculo de la eficiencia global de las líneas de producción, se incluye datos cualitativos (desviación de peso objetivo por producto), hora, fecha, tiempo muerto y tiempo operativo.
- Internet: para investigar y obtener bibliografía aplicable a este estudio.

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla VII. **Presupuesto**

No.	Recurso	Descripción	Costo	Total, relativo
1	Consumible	Dos resmas de hojas	Q 100.00	1 %
2	Viáticos	Gasolina	Q 4,000.00	44 %
3	Viáticos	Alimentación	Q 2,000.00	22 %
4	Humano	Asesoría	Q -	0 %
5	Tecnológico	Servidor	Q -	0 %
6	Tecnológico	Internet	Q 3,000.00	33 %
7	Información	Datos de producción	Q -	0 %
Total			Q 9,100.00	100 %

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos aportados suficientes para este trabajo, se considera que la realización del estudio es factible.

13. REFERENCIAS

1. Adam, E. y Ebert, R. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. Pearson educación.
2. Arbós, L. (2012). *Planificación de la producción. Gestión de materiales: Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos.
3. Belohlavek, P. (2006). *OEE: overall equipment effectiveness*. Blue Eagle Group.
4. Braidot, N., Formento, H., y Nicolini, J. (2007). *Desarrollo de una metodología de diagnóstico para empresas PyMEs industriales y de servicios: Enfoque basado en los sistemas de administración para la Calidad Total*.
5. Carro, R., y González, D. (2012). *Administración de la calidad total*.
6. Camisón, C. (2009). *La gestión de la calidad por procesos. Técnicas y herramientas de calidad*.
7. Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. Pearson educación.

8. Evans, J., y Lindsay, W. (2014). Administración y control de la calidad. In Cengage Learning (Vol. 10).
9. Geoppinger, F. (2015). *Desarrollo e implementación de un sistema de control de producción online para Embotelladora Andina S.A.*
10. González, H. (2009). *Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo)*. Contribuciones a la Economía, (2009-10).
11. Guillen, W. (2017). *Implementación de un modelo de mejora continua en el PHVA en el proceso de suministros para incrementar la puntualidad en la entrega de los materiales en una Empresa Siderúrgica de Ancash en Perú.*
12. Guzmán, I. (2016). *Cuadro de mando integral: "Aplicación a una empresa productora de agroquímicos"*. Oikonomos, 2.
13. Gutiérrez, H. (2010). Calidad total y productividad.
14. Hernández, C., y Da Silva, F. (2016). *Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad*. Tecnología química, 36(1), 104-116.
15. Mejía, C. (1998). Indicadores de efectividad y eficacia. Obtenido de Centro de Estudios en Planificación, Políticas Públicas e Investigación Ambiental: <http://www.ceppia.com.co/Herramientas/INDICADORES/Indicadores-efectividad-eficacia.pdf>.

16. Mazariegos, M. (2018). Implementación de un sistema de administración y manejo de inventarios en la bodega de materia prima de una empresa productora de agroquímicos mediante un sistema ABC. *Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado*, (1), 87-90.
17. Niebel, B., y Freivalds, A. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw Hill.
18. Prokopenko, J. (1989). La gestión de la productividad.
19. Render, B., y Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. Mexico: Pearson Educación.
20. Rodríguez, F., y Gómez, L. (1991). *Indicadores de calidad y productividad de la empresa*.
21. Rojas, A. (2009). Herramientas de calidad. *Universidad Pontificia Comillas, Madrid*.
22. Tejero, J. (2016). *Organización de la producción industrial: Un enfoque de gestión operativa en fábrica*. ESIC Editorial.
23. Urquiola, I., Agüero, L., y Garza, R. (2016). La clasificación Pull-Push como elemento en la selección de herramientas para la planificación y control de la producción.

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

	ELEMENTOS DEL PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
GENERAL	Retrasos en el plan de producción en las líneas de envasado.	¿Cómo mejorar el cumplimiento de los tiempos de operación en dos líneas de envasado de líquidos de tipo Newes?	Desarrollar una propuesta de calidad con enfoque productivo para el mejoramiento del cumplimiento del tiempo en las líneas de envasados de líquidos de tipo Newes Tres (3) y Newes Cinco (5).
ESPECÍFICOS	Se debe conocer con exactitud los elementos/factores que generan retrasos o paros en las líneas.	1. ¿Cuáles son los principales factores que generan retrasos en las líneas de producción de tipo Envasadora de Líquidos?	Identificar los factores principales que han generado retrasos históricamente en 2022 en las líneas de envasado de líquidos Newes Tres (3) y Cinco (5).
	Se debe conocer con exactitud los elementos/factores que generan retrasos o paros en las líneas.	2. ¿Cuáles son los principales factores que generan retrasos en las líneas de producción de tipo Envasadora de Líquidos?	Identificar los factores principales que han generado retrasos históricamente en 2022 en las líneas de envasado de líquidos Newes Tres (3) y Cinco (5).

Continuación del apéndice 1.

ESPECÍFICOS	Para poder realizar una solución se debe conocer exactamente la situación actual.	3. ¿Cómo saber en qué medida no se cumple la puntualidad del plan de producción?	Establecer el cumplimiento actual del plan de producción mediante un indicador de eficiencia en las líneas de envasado de líquidos Newes Tres (3) y Cinco (5).
	Con conocimiento de la situación de la producción actual se procede a formular posibles mejoras.	4. ¿Cómo se pueden reducir o eliminar los factores que entorpecen el cumplimiento puntual plan de producción?	Establecer acciones correctivas que mejoren el cumplimiento del plan de producción en términos de tiempo en las líneas Newes Tres (3) y Newes (5).
	Se debe evaluar si la propuesta cumple con su propósito.	5. ¿Cómo saber si las acciones correctivas mejoran el cumplimiento del plan de producción en las líneas de producción correspondientes?	Cuantificar la mejora del cumplimiento del plan de producción mediante las acciones correctivas con el indicador de eficacia.

Fuente: elaboración propia.