

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL**



**“METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM”
CASO: FRANSPORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO**

Resolución HCC N° 135/2022

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Ing. Walter Jacinto Yucra

Univ. Brayan Mamani Cruz

Univ. Juan Javier Cerdano Lluta

EL ALTO – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico

RECTOR

Dr. Efrain Chambi Vargas Ph. D.

VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Roger Omar Llanque Villavicencio

DECANO DE ÁREA INGENIERÍA DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO

M.Sc. Ing. Ronaldo René Nina Tinta

DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL

ACUERDO INTERINSTITUCIONAL

Ingeniería en Producción Empresarial (IPE) – PYME FRANSPOORT

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

DEPOSITO LEGAL:

SENAPI:

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre. 2022

El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial de la Universidad Pública de El Alto como un aporte de la universidad a desarrollo científico de nuestra comunidad científica presenta el proyecto de investigación titulado: “METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM”, CASO: FRANSPORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO.

Este proyecto de investigación reside en desarrollar la aplicación de metodológica de la simulación de sistemas de producción y demostrar la eficiencia de la metodología basado en el software FLEXSIM. El caso de estudio en particular se concentra en la aplicación de la metodología en las instalaciones de la PYME FRANSPORT y su sistema productivo. Aplicar herramientas de diagnóstico de mapeo del proceso, registro de las actividades, recopilación y evaluación estadística de la información, construcción del modelo de simulación, parametrización del modelo, validación y establecimiento de escenarios alternativos eficientes.

Para el Instituto de Investigaciones de la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial, el estudio pretende coadyuvar en la optimización del sistema de producción de FRANSPORT, planificación y control de la producción; asimismo, optimizar tiempos y movimientos, control de inventarios e incrementar los ingresos para la unidad productiva.

M.Sc. Ing. Ronaldo René Nina Tinta
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

En estas líneas quiero expresar de la manera más atenta por parte del equipo de investigación, el agradecimiento primeramente a Dios por la fuerza, sabiduría y el día a día durante el tiempo que duro el desarrollo del presente trabajo. Seguidamente a la Universidad Pública de El Alto, autoridades y plantel administrativo, por su apoyo y permitirnos desarrollar el presente trabajo.

Agradecer de manera especial al Ing. Ronaldo René Nina Tinta (Director de carrera de Ingeniería en Producción Empresarial), Franz Chávez Bautista (Gerente General de la PYME FRANSPO), al Honorable Consejo de Carrera y en general a todas las personas, colegas y amigos que brindaron su apoyo, tiempo y ánimo para el logro de la presente investigación.

Ing. Walter Jacinto Yucra
Investigador Principal
Instituto de Investigaciones
Ingeniería en Producción Empresarial

INDICE

	Página
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	4
1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	4
1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	4
1.4.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	5
1.5. VENTAJA COMPETITIVA	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. LA SIMULACIÓN DE PROCESOS Y LA CUARTA GENERACIÓN INDUSTRIAL	6
2.2. ENFOQUE DE LA SIMULACIÓN	7
2.3. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA	8
2.4. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVETIGADORES	11
2.4.1. METODOLOGÍAS PRINCIPALES	11
2.4.1.1. Metodología de Law y Kelton	11
2.4.1.2. Metodología Jerry Banks	13
2.4.2. METODOLOGÍAS SECUNDARIAS	14
2.4.2.1. Metodología José Augusto Llican	14
2.4.2.2. Metodología Pritsker y Pegden	15
2.4.2.3. Metodología Daniel Bernal	16
2.4.2.4. Metodología Juan Fernando Pérez y Germán Riaño	16
2.4.2.5. Metodología Néstor Fabián Ayala	17
2.4.2.6. Metodología Juan Benedicto Peña	17
2.5. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR	18
2.5.1. Enfoque Cuantitativo	18
2.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES	19
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO	22
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
3.1.1. Investigación bibliográfica	22
3.1.2. Investigación de campo	22
3.1.3. Investigación descriptiva	22

	Pág.
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.2.1. Diseño Experimental	22
3.3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.4. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	24
3.5.1. Técnicas	24
3.5.1.1. Método de Resolución de Problemas	24
3.5.1.2. Estudio de Ingeniería de Métodos	27
3.5.1.3. Diagrama de Dispersión	32
3.5.1.4. Simulación de Procesos de Manufactura con FLEXSIM	33
3.5.2. Instrumentos	35
3.6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	37
CAPITULO IV: RESULTADOS	39
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA FRANSPO	39
4.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA FRANSPO	40
4.3. MAPEO DEL PROCESO EN FRANSPO	41
4.3.1 Fase de preparación y corte	41
4.3.2 Fase de confección (ensamble)	42
4.3.3 Fase de Serigrafía y Estampado por sublimación	43
4.3.4 Fase de verificación de estándares y acabado	43
4.4. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA FRANSPO	46
4.5. APLICACIÓN DEL METODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	49
4.5.1 Lluvia de ideas para identificar causas a un problema	49
4.5.2 Diagrama de Causa – Efecto	50
4.5.3 Diagrama de Pareto	51
4.6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAW, A.M. & KELTON, D.W.	53
4.6.1 Definición del Problema	53
4.6.2 Recolección de los datos del sistema	53
4.6.3 Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema	55
4.6.4 Medidas de desempeño	64
4.6.5 Construcción del Modelo de Simulación	64
4.6.6 Validación del Modelo de simulación	65
4.6.7 Experimentación	65
4.6.8 Alternativas de Mejora o Modelo Alternativo y Resumen de Resultados	66
CAPITULO V: CONCLUSIONES	67
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	73
ANEXO 1 RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA SENAPI	74
ANEXO 2 ACUERDO INTERINSTITUCIONAL FRANSPO - UPEA	75
ANEXO 3 ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Logotipo Institucional de FRANSPO	1
Figura 2: Pasos para la simulación según Jose agosto Llican	15
Figura 3: Identificación de variables	23
Figura 4: Ejemplo de la técnica lluvia de ideas	24
Figura 5: Ejemplo de diagrama Causa - Efecto	25
Figura 6: Representación gráfica del diagrama de Pareto	27
Figura 7: Representación gráfica del Mapeo de Procesos	28
Figura 8: Simbología empleada en los Diagramas de flujo de Procesos	29
Figura 9: Representación gráfica del Cursograma Sinóptico	30
Figura 10: Representación gráfica del Cursograma Analítico	31
Figura 11: Representación gráfica del diagrama de recorrido	32
Figura 12: Representación gráfica del diagrama de dispersión	33
Figura 13: Logotipo del Software de Simulación FLEXSIM	34
Figura 14: Diseño de Instrumentos: Diseño de Diagrama Analítico del Proceso	36
Figura 15: Ficha Técnica de la empresa FRANSPO	39
Figura 16: Organigrama de la Empresa	40
Figura 17: Mapeo del Proceso FRANSPO	45
Figura 18: Participación entrevista grupal en Instalaciones de FRANSPO	49
Figura 19: Lluvia de Ideas, FRANSPO	50
Figura 20: Diagrama de Causa Efecto, FRANSPO	51
Figura 21: Diagrama de Pareto: Ponderación de Causas Raíz	52
Figura 22: Diagrama Analítico de Procesos (DAP): Área de Estampado por Sublimado - FRANSPO	54
Figura 23: Construcción del modelo en el software FLEXSIM	64
Figura 24: Parámetros obtenidos en MINITAB de las Actividades de SUBLIMADO	65
Figura 25: Experimentación del modelo de Simulación	65
Figura 26: Presentación de Alternativas y Resultados	66

RESUMEN

La toma de decisiones es un proceso que puede generar diferentes impactos en los procesos productivos. Dichas decisiones se pueden realizar empleando técnicas de investigación de operaciones en función del nivel de complejidad de los problemas, del costo que acarrea dicha decisión y de la información conocida al momento de tomar la decisión. Por tanto, en las pequeñas y medianas empresas utilizan técnicas de toma de decisiones basadas en la experiencia de los actores, procesos con experiencias exitosas en otras empresas, pero sin la posibilidad de validar la eficiencia de las decisiones. En el ámbito industrial, las herramientas informáticas como los softwares de simulación permiten estudiar y analizar sus procesos actuales, así como alternativas de mejora a través de la simulación virtual de procesos.

En el presente trabajo se realiza el estudio del sistema de producción de la PYME FRANSPOORT, identificando cuellos de botella existentes con el mapeo del proceso, método de resolución de problemas y proponiendo alternativas de mejora a través de la representación virtual de la línea de proceso del área de sublimado con el software FLEXSIM.

La metodología empleada es la de Law, A. M. y Kelton, D. W. (2000) Simulation Modeling and Analysis. que propone diez etapas generales para la construcción de modelos de simulación: Definición del problema, recolección de los datos del sistema, análisis estadístico de los datos recolectados del sistema, medidas de desempeño, construcción del modelo de simulación, validación del modelo de simulación, experimentación, alternativas de mejora o modelo alternativo y resumen de resultados.

Con el método de resolución de problemas se identifica el área de sublimado como principal cuello de botella y se define el problema, la recolección de datos es de las actividades del área de sublimado, los tratamientos estadísticos lanzan distribuciones estadísticas que gobiernan a las actividades de la operación, los intervalos de confianza dan la posibilidad de entregar los resultados obtenidos para el modelo de simulación. Luego de realizar dicho análisis de datos, se realiza las respectivas propuestas de mejora y se modificaron los modelos para realizar las respectivas simulaciones en base a las propuestas.

Al terminar de realizar las nuevas simulaciones, los resultados obtenidos en estas fueron comparados con los resultados de las simulaciones con los valores iniciales, y dieron como consecuencia una mejora del 30% en los niveles de producción, es decir que con las propuestas implementadas la empresa es capaz de producir 23% más productos terminados que anteriormente; corroborando así la hipótesis planteada en un inicio en el presente trabajo.

ABSTRACT

Decision making is a process that can generate different impacts on production processes. These decisions can be made using operations research techniques depending on the level of complexity of the problems, the cost of the decision and the information known at the time of making the decision. Therefore, small and medium-sized companies use decision-making techniques based on the experience of the actors, processes with successful experiences in other companies, but without the possibility of validating the efficiency of the decisions. In the industrial field, computer tools such as simulation software allow to study and analyze their current processes, as well as improvement alternatives through virtual simulation of processes.

In the present work, a study of the production system of the FRANSFORT SME is carried out, identifying existing bottlenecks with the mapping of the process, problem solving method and proposing improvement alternatives through the virtual representation of the process line of the sublimation area with the FLEXSIM software.

The methodology used is that of Law, A. M. and Kelton, D. W. (2000) *Simulation Modeling and Analysis*, which proposes ten general stages for the construction of simulation models: problem definition, collection of system data, statistical analysis of the collected system data, performance measurements, construction of the simulation model, validation of the simulation model, experimentation, improvement alternatives or alternative model, and summary of results.

With the problem solving method, the subliming area is identified as the main bottleneck and the problem is defined, the data collection is from the activities of the subliming area, the statistical treatments launch statistical distributions that govern the activities of the operation, the confidence intervals give the possibility to deliver the results obtained for the simulation model. After performing such data analysis, the respective improvement proposals are made and the models were modified to perform the respective simulations based on the proposals.

At the end of the new simulations, the results obtained in these were compared with the results of the simulations with the initial values, and resulted in a 30% improvement in production levels, i.e. with the implemented proposals the company is able to produce 23% more finished products than before, thus corroborating the hypothesis put forward at the beginning of this work.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La toma de decisiones es un proceso que puede generar diferentes impactos en los procesos productivos. Dichas decisiones se pueden realizar empleando técnicas de investigación de operaciones en función del nivel de complejidad de los problemas, del costo que acarrea dicha decisión y de la información conocida al momento de tomar la decisión. Por tanto, en las pequeñas y medianas empresas utilizan técnicas de toma de decisiones basadas en la experiencia de los actores de los procesos o con experiencias exitosas en otras empresas, pero sin la posibilidad de validar la eficiencia de las decisiones.

1.1.1.- PROBLEMÁTICA

FRANSPORT, es una organización boliviana dedicada a la confección, distribución y venta de prendas de vestir (buzos deportivos, chamarras deportivas, parkas, gorras, bolsos), desarrolla sus actividades comerciales en la ciudad de El Alto y La Paz.

La Planta de Producción está ubicada en la ciudad de El Alto, allí se elaboran todos los productos de la compañía los cuales tienen como destino los puntos de ventas ubicadas en las ciudades de El Alto, La Paz, Santa Cruz, Chuquisaca y Cochabamba.

El proceso productivo que siguen las prendas deportivas es fundamentalmente el mismo para las diferentes líneas, con algunas variaciones de materia prima, telas y acabados de acuerdo a la referencia (gusto del cliente), mencionado proceso se divide en tres grandes etapas: *Recepción de pedidos, Manufactura y Distribución.*

Figura 1. Logotipo Institucional de FRANSPORT



Fuente. Empresa FRANSPORT

Es importante para la PYME FRANSPOORT que se encuentra en crecimiento favorable empresarial, la toma de decisiones basadas en información precisa y confiable del proceso productivo presente y como los cambios futuros podrían afectarlas en términos de calidad, cantidad de productos y capacidad.

Es necesario que la administración de operaciones y de recursos cuenten con unas herramientas de toma de decisiones que no representen una inversión significativa y que permitan hacer ensayos de las configuraciones ideales analizadas en el proceso. La simulación de sistemas es una alternativa para conocer de forma acertada los puntos críticos que pueden tener los procesos de producción de una empresa y con estos modelar soluciones que incrementen la eficiencia y que reduzcan los tiempos en las diferentes actividades realizadas durante la producción de un artículo o la prestación de un servicio.

Actualmente la mayoría de las decisiones dentro la empresa se basa en técnicas de toma de decisiones basadas en la experiencia de los actores, procesos con experiencias exitosas en otras empresas, pero sin la posibilidad de validar la eficiencia de las decisiones. Las herramientas informáticas como los softwares de simulación permitirán estudiar y analizar sus procesos actuales, así como alternativas de mejora a través de la simulación virtual de procesos.

Según audiencia con los administradores de las operaciones se identifican los principales factores de improductividad del sistema productivo de la PYME FRANSPOORT.

Factores de improductividad:

- ✓ Procesos productivos ineficientes.
- ✓ Desconocimiento de la capacidad de producción.
- ✓ Inaplicación de medios tecnológicos para optimización del proceso de producción.

1.1.2.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo lograr procesos productivos eficientes y óptimos, con certeza en las capacidades de operación, mediante la aplicación metodológica moderna de la simulación de sistemas de producción en el sistema productivo de la PYME FRANSPOY PYME textil confección de la ciudad de El Alto?

1.2.- OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación contiene los siguientes objetivos:

1.2.1.- Objetivo General

Desarrollar la aplicación metodológica moderna de la simulación de sistemas de producción (Law, A. M. y Kelton, D. W. (2000) Simulation Modeling and Analysis.) y demostrar la eficiencia de la metodología basado en el software FLEXSIM. El caso de estudio en particular se concentra en la aplicación de la metodología en el sistema productivo de la PYME FRANSPOY PYME textil confección de la ciudad de El Alto.

1.2.2.- Objetivos específicos

- ✓ Mapeo del Proceso de Producción en FRANSPOY.
- ✓ Análisis estadístico del Proceso de Producción.
- ✓ Diseño, Modelado y Simulación de la Producción en FRANSPOY.
- ✓ Generar propuestas de mejora del proceso de producción a partir de los resultados obtenidos del Modelo de Simulación.

1.3.- HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Pregunta de Investigación:

¿Es posible emplear metodologías modernas de simulación basada en el software FLEXSIM y demostrar la eficiencia de la metodología basado en el software FLEXSIM para optimizar el sistema de producción en FRANSPOY PYME del rubro textil confección de la ciudad de El Alto?

1.4.- JUSTIFICACIÓN

“La simulación es útil para entrenar gerentes y mano de obra en cuanto a la operación del sistema real porque demuestra los efectos de los cambios en las variables del sistema, el control en tiempo real y el desarrollo de nuevas ideas sobre cómo dirigir las operaciones y el negocio”.

1.4.1.- Justificación Teórica

Con el método de resolución de problemas se identifica el cuello de botella y se define el problema, la recolección y evaluación con tratamientos estadísticos lanzan distribuciones estadísticas que gobiernan a las actividades de la operación. Luego de realizar el análisis de datos, se realiza las respectivas propuestas de mejora y se modificaron los modelos para realizar las respectivas simulaciones en base a las propuestas.

1.4.2.- Justificación Metodológica

El estudio se toma como directriz fundamental en la aplicación metodológica moderna de la simulación de sistemas de producción (Law, A. M. y Kelton, D. W. (2000) Simulation Modeling and Analysis.) y demostrar la eficiencia de la metodología basado en el software FLEXSIM, la metodología de Law y Kelton es denominado una de las metodologías principales, más nombradas entre los autores de este tipo de investigación, y varios de ellos seleccionaron sus etapas para configurar sus propias metodologías.

1.4.3.- Justificación Práctica

Con el presente estudio se propone una mejora en el sistema de producción dedicada a la manufactura de prendas deportivas en la PYME FRANSPOORT con el fin de demostrar la eficiencia de la metodología basado en el software FLEXSIM; también coadyuvara como fuente bibliográfica o de consulta para todas aquellas pequeñas y medianas empresas PYMES que buscan aumentar su rentabilidad, mejorar sus procesos y generar productos de calidad mediante la simulación de procesos de manufactura

1.4.4.- Justificación Social

La pandemia de COVID 19 ha dejado a muchas PYMES bolivianas al borde del cierre de operaciones. No es que antes de la crisis estuvieran especialmente bien, pero además de los efectos de la drástica reducción de ventas que supusieron los confinamientos estrictos y la caída generalizada de la actividad, tienen que seguir enfrentando los problemas de siempre, baja productividad, poca generación de empleo, de calidad y bajo crecimiento. En tal sentido, como parte de la reactivación de las PYMES se destaca la aplicación de herramientas digitales modernas, como el marketing digital y la simulación de procesos de manufactura.

1.5.- VENTAJA COMPETITIVA

Un simulador brinda una ventaja competitiva a la unidad productiva, al proporcionarle una alternativa de optimización de los procesos productivos, en base al modelado en un ambiente virtual de una situación real, lo cual constituye un ahorro en costos, disminuye los riesgos, simplifica la modificación de diseños que se deban corregir a fin de obtener las metas propuestas. La eficiencia es necesaria en la industria de fabricación ya sea en cuestión de los materiales, la mano de obra o el transporte, tomando en cuenta que los costos siempre deben asociarse con el equipo de trabajo, las inversiones y el tiempo que se utiliza para realizarlos al igual que se considera la optimización de todos ellos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Según Andrade et al., (2001), la Dinámica de Sistemas [DS] es una forma de pensamiento para la representación y el aprendizaje que facilita compartir el conocimiento de un tema; como complemento a esta apreciación, Mosterín (1987) manifiesta que el uso de un modelo de simulación permite elaborar una teoría del sistema, es decir, describir adecuadamente el funcionamiento presente del sistema, explicar lo ocurrido en el pasado y predecir lo que pasará, en dicho sistema en el futuro, teniendo presente las limitaciones del mismo con respecto a lo realizado o representado con el modelo.

2.1.- LA SIMULACIÓN DE PROCESOS Y LA CUARTA GENERACIÓN INDUSTRIAL

La cuarta revolución industrial liderada por las tecnologías emergentes, particularmente la inteligencia artificial, está influyendo de manera drástica en todas las áreas de la economía y sociedad (Schwab, 2017 y López-Portillo, 2018); dicho en otras palabras, el mundo atraviesa por una transformación digital de sociedad y economía.

La industria, es de hecho en donde surge este fenómeno; conceptos como la manufactura digital se vuelven cada vez más comunes y traen dentro si, la evolución de la simulación de procesos en lo que se ha denominado como el “gemelo digital” a través de la incorporación de tecnologías como la realidad virtual, sensórica, big data, impresión 3D, entre otros (Rodic, 2017).

De acuerdo con Rodic (2017) si bien, no está del todo delimitado los aspectos que abarca la industria 4.0, lo que si es claro es que esta requiere productos, específicamente software industrial y de gestión (herramientas CAD, simulación virtual, ERP, MES, PLM), procesadores (SCADA, DCS, PLC) y dispositivos (Ethernet, robótica, RFID ,sensores, switches, etc) cuya aplicación se extiende a todos los ámbitos de la empresa, empezando por el proceso industrial, en donde ya existen registros de la simulación de procesos, que en esta nueva tendencia, toman fuerza y se potencializan con las tecnologías emergentes conformándose en elementos como la manufactura digital en donde el uso del gemelo digital se vuelve un tema cada vez más relevante.

Cuando se habla de gemelo digital, se hace referencia a una representación virtual de un producto, proceso o desempeño (Siemens, 2019), aunque éste se ha utilizado desde hace tiempo en la industria, hoy en día está revolucionando toda la cadena de valor, debido principalmente a que permite incrementar la eficiencia, reduce las tasas de fracaso y sobre todo, recorta el tiempo de desarrollo, lo que representa una posibilidad para generar oportunidades de negocios.

El Gemelo Digital, proporciona una amplia gama de herramientas de soporte de decisiones que actualiza dinámicamente la representación digital del proceso tal como ocurre en la vida. Los datos del proceso se recopilan en tiempo real por los sensores y máquinas inteligentes en el proceso empresarial, se almacenan en una base de datos y posteriormente son transferidos a la “sombra digital”. La operación del modelo Digital Master se ajusta a partir de los datos en la Sombra digital, lo que permite contar con optimización en línea, soporte de decisiones, así como control de la automatización del proceso, generando así un control del circuito de retroalimentación, lo que resulta en la base de los sistemas cibernéticos (Kljajić, 2002).

2.2.- ENFOQUE DE LA SIMULACIÓN

Los enfoques de prueba y error con el sistema real son costosos, llevan tiempo y pueden resultar de alto riesgo. Por esto es que la simulación se enfoca directamente a la reducción de costos, tiempo y riesgos.

Las características de la Simulación que la vuelven una herramienta poderosa en el contexto actual para la planeación y la toma de decisiones dentro de las organizaciones, pueden resumirse de la siguiente manera:

- ✓ Considera la variabilidad de los sistemas.
- ✓ Muestra el comportamiento del sistema a través del tiempo.
- ✓ Proporciona información sobre las medidas de desempeño.
- ✓ Proporciona resultados que son fáciles de entender y comunicar.
- ✓ Corre el tiempo comprimido, real o en cámara lenta.
- ✓ Obliga a poner atención a los detalles en el diseño.

La simulación dentro de su enfoque apunta a su aplicabilidad a varias áreas de una industria, por ende, de la Ingeniería en Producción, los cuales se describen a continuación.

- ✓ Flujo de trabajo.
- ✓ Planeación de la capacidad.
- ✓ Reducción de tiempos de trabajo.
- ✓ Planeación del uso de los recursos materiales, materia prima y personal.
- ✓ Priorización de las ordenes de trabajo.
- ✓ Análisis de los cuellos de botella (TOC).
- ✓ Análisis de distribución de planta.
- ✓ Sistemas logísticos.

No todos los problemas se pueden resolver con el uso de la simulación de procesos, debe seleccionarse la herramienta adecuada para cada área, en algunos casos usar la simulación puede ser un exceso o cometer un costo innecesario, como el usar una escopeta para matar una mosca. La simulación es adecuada si los siguientes criterios son válidos (CHARLES, BIMAN, ROYCE 2004).

- ✓ Se está tomando una decisión operacional (lógica o cualitativa).
- ✓ El proceso analizado está bien definido y es repetitivo.
- ✓ Las actividades y eventos tienen cierta interdependencia y variabilidad.
- ✓ El impacto en el costo de la decisión es mayor que el costo de realizar la simulación.
- ✓ El costo de experimentar con el sistema real es mayor que el costo de realizar la simulación.

2.3.- MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

La simulación en las últimas décadas ha visto aumentar su uso dentro del ámbito industrial y comercial debido, en buena medida, al desarrollo de las computadoras, las cuales constituyen una herramienta valiosa para la aplicación de esta técnica.

La simulación se puede emplear para el estudio de sistemas de líneas de espera, modelos de inventarios, juegos de negocios, modelos de inversión, flujos de efectivo y otros que suelen ser de gran interés.

Con la finalidad de establecer aspectos importantes sobre la implementación de modelos de simulación de procesos de manufactura, se basa en el desarrollo de investigaciones previas, artículos y proyectos referente a la temática en estudio; de las cuales resaltan:

- a) **Trabajo de Tesis:** “IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN EN LA MEJORA DE PROCESOS”, autor: *Omar Bolaños Plata*, de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (2014). Para la realización de este trabajo, se describen las etapas con las que consta el proceso del auto lavado, posteriormente se formula el problema, en el cual se recopilarán datos e informes que se tengan o correspondan, para poder dar una mejora en el tiempo promedio de servicio de lavado. Finalmente realiza la construcción e implementación el modelo de simulación en donde se evalúa, valida y prueba el modelo representativo del proceso y formula sus conclusiones.
- b) **Artículo científico:** “SIMULACIÓN DE PROCESOS, UNA PERSPECTIVA EN PRO DEL DESEMPEÑO OPERACIONAL”, autores: José Roberto Cantú – Gonzales, María del Carmen Guardado García, José Luis Balderas Herrera, de la Universidad Autónoma de Coahuila, Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa (2016). Este trabajo aporta diferentes aspectos de interés para la Ingeniería Industrial: Se presenta la fundamentación del concepto de simulación y su vinculación como herramienta del proceso, el análisis de las alternativas de software comercial existente y finalmente presenta un modelo de mejoramiento del desempeño operacional basado en la utilización del software de simulación PROMODEL.
- c) **Proyecto de Grado:** “DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL USO DE LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA GESTIÓN DE OPERACIONES EN LA CADENA DE SUMINISTRO”, autor: Rubén Dario Diuza Vallejo, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, Santiago

de Cali (2016). Este trabajo de grado provee una metodología de construcción de modelos de simulación para la gestión de operaciones en la cadena de suministro dirigida a estudiantes con o sin experiencia en modelado. Para construir la metodología propuesta se realizó una investigación bibliográfica entre los años 2003 a 2014, en la que se observaron metodologías para construir modelos de simulación en ProModel®, Arena, Simul 8 y Flexsim. Se hizo una comparación donde se seleccionaron las etapas más importantes que los autores utilizaban para construir modelos de simulación. De acuerdo a esto, se obtuvieron 8 etapas fundamentales, que fueron las que se utilizaron en este trabajo de grado. Para validar la metodología se adaptaron dos modelos, uno de programación y ruteo y otro de Picking, simulados en el software ProModel® adaptándolos para el uso de la celda de manufactura flexible ubicada en el laboratorio de robótica de la Universidad Autónoma de Occidente. La metodología presentada sirve de base para construir cualquier modelo de simulación sin importar el problema que se desea abordar, pues se desarrolló de forma general y aplicada a la enseñanza.

- d) Artículo científico:** “SIMULACIÓN FLEXSIM, UNA NUEVA ALTERNATIVA PARA LA INGENIERÍA HACIA LA TOMA DE DECISIONES EN LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE MÚLTIPLES ESTACIONES DE PRUEBA”, autores: Marco Antonio Díaz-Martínez, Ricardo Zárate-Cruz y Reina Verónica Román-Salinas, Revista Científica, vol. 22 del Instituto Politécnico Superior de Pánuco, Mexico (2018). El objetivo principal de este documento es afrontar conceptos clave en relación con el uso del software FIEXSIM dentro de un modelo de simulación, como una alternativa innovadora de efectividad en la toma de decisiones de las operaciones de un sistema de producción. El estudio incluye una revisión literaria, conceptos del modelo y simulación, aplicaciones, la caracterización de FLEXSIM y la descripción para la construcción de un modelo en el software FLEXSIM. Este trabajo se desarrolla partiendo del entendimiento y uso del software, modelación, ejecución y análisis de las operaciones de un sistema de múltiples estaciones de prueba. El modelo aquí descrito ilustra claramente la amplia precisión y capacidad de FLEXSIM como herramienta de mejora, además muestra lo sencillo que es su programación y su estilo innovador en el diseño en 3D. Este artículo busca dar una

idea clara del impacto que tiene la simulación dentro de un sistema de producción y a su vez logre un entendimiento claro del uso de FLEXSIM.

- e) **Trabajo de fin de grado:** “ANÁLISIS Y MEJORA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SILICATOS DE MALPICA MEDIANTE FLEXSIM”, autor: Javier Migue Loglio Hardcastle, Escuela de Ingeniería de Bilbao de la Universidad del País Vasco (2018). En el presente trabajo se realiza el estudio de la línea de Silicatos de Malpica, identificando los cuellos de botella existentes, y proponiendo algunas alternativas de mejora a través de la representación virtual de la planta industrial con el software Flexsim. Por otra parte, con este estudio, se pone a disposición de futuros alumnos de Ingeniería en Organización Industrial un ejemplo de simulación virtual de procesos, para facilitar el aprendizaje y manejo del software.

2.4.- MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

2.4.1.- Metodologías Principales.

Las metodologías de Law y Kelton y Jerry Banks, fueron las metodologías, más nombradas entre los autores de esta investigación, y varios de ellos seleccionaron sus etapas para configurar sus propias metodologías. De tal manera que sus etapas fueron comparadas con el resto de las metodologías, las cuales fueron llamadas metodologías secundarias.

2.4.1.1.- Metodología de Law y Kelton.

La metodología de Law y Kelton, propone diez etapas generales para construir modelos de simulación las cuales se presentan a continuación:

Definición del Problema: Toda simulación comienza con un problema bien determinado que puede ser proporcionado por la empresa o planteado por el analista. Esta es la etapa en que se identifican los problemas más relevantes del sistema. La importancia de esta etapa radica en que si el problema no está bien entendido con seguridad el modelo fracasará.

Recolección de los datos del sistema: Como su nombre indica, en esta etapa se recolectan los datos relevantes, como tiempos de proceso, número de empleados,

velocidades de las máquinas, las cuales van a ser utilizadas para construir el modelo de simulación.

Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema: Los datos que se haya recolectado se analizan con el propósito de conocer con que distribución de probabilidad se comporta el conjunto de los datos. Para poder realizar esta identificación, los autores utilizan la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov, o Anderson-Darling con un nivel de significancia de 0.05.

Medidas de desempeño: Se establecen las variables de desempeño (cantidad de productos en un turno, cantidad de clientes en un día, etc). Las cuales se evalúan con el fin de conocer cuan eficiente es el sistema.

Construcción del Modelo de Simulación: Se debe tener conocimiento del software de simulación, con el cual se construirá el modelo de simulación.

Validación del Modelo de simulación: Utiliza la prueba de hipótesis para poder concluir si el modelo es o no semejante al sistema real.

Experimentación: Se identifica, el número de réplicas óptimas para minimizar el margen de error.

Alternativas de Mejora o Modelo Alternativo: Las alternativas de mejoras son las propuestas de los cambios al sistema, para después compararse con el modelo original u otros modelos para seleccionar el mejor.

Resumen de Resultados: En esta etapa se hace un resumen de los resultados obtenidos.

LAW, A.M. & KELTON, D.W. Simulation Modeling and Analysis. 3ed. McGraw-Hill, 2000. p.292. Citado por: MORAS SANCHEZ, Gerardo Constantino Morales y OJEDA MORALES Iris. Evolución de la eficiencia del programa de tránsito "cruces uno por uno", en la ciudad Orizaba, Veracruz, México, mediante la microsimulación [en línea]. En: Revista De Ingeniería Industrial 2007. Vol1, no.1 p.2-5. [consultado 18 de Agosto de 2014]; Disponible en:
<<http://academiajournals.com/downloads/MorasOjeda.pdf>>.

2.4.1.2.- Metodología Jerry Banks.

La metodología de Jerry Banks propone diez etapas generales para construir modelos de simulación que se presentan a continuación:

Formulación del problema: En esta etapa se realiza el enunciado claro del problema, el cual puede ser dado por el cliente o por los analistas.

Establecimiento de objetivos y el plan general del proyecto: Se debe establecer los objetivos del problema que se desean alcanzar. También se debe tener en cuenta el tiempo requerido, el personal que se utilizará, requerimientos de hardware y software si el cliente desea correr el modelo y analizar su comportamiento.

Conceptualización del modelo: Es realizar un modelo conceptual del sistema, el cual este compuesto de relaciones lógicas y matemáticas que representan los diferentes componentes y estructura del sistema.

Recolección de los datos: Como su nombre lo dice se recolectan los datos individuales del sistema, los cuales pueden tenerse en formato digital para comenzar el análisis.

Traducción del modelo: Es aquel que se conecta con la etapa de conceptualización del modelo, en el que se traduce el modelo a un formato que sea reconocido por el software de simulación.

Verificación: Se verifica que tan confiable es el modelo, este proceso se lleva a cabo a lo largo del proceso de simulación.

20BANKS, J. CARSON II, John, S. BARRY, N. Discrete Event System Simulation [en línea]. 4ed. London: Prentice Hall International, 2005. p.12-16. Citado por: RYKS ASPÉE, Constanza Irassi. Diseño y construcción de herramienta de simulación para la toma de decisiones en gestión de almacenaje en frío en plantas de proceso de mitilidos [en línea]. Trabajo de Grado Ingeniería Civil Industrial. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería Industrial Civil, 2011. p.22-23. [Consultado 29 de diciembre de 2014]. Disponible en:

< <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bpmfci993d/doc/bpmfci993d.pdf>>.

Validación: Es probar si el modelo es semejante al sistema real que está bajo estudio. Es necesario que se compare los resultados de la simulación con los del sistema real.

Diseño de Experimentos: En esta etapa se realizan varios escenarios, en el que se deben tomar decisiones de tiempo de simulación, el número de réplicas, y las maneras de inicializar el modelo.

Realizar corridas y análisis: Es analizar las corridas para estimar las medidas de desempeño de los diferentes escenarios que se han propuesto. Con base en esto, se toman decisiones, concerniente a si es necesario realizar más corridas para aumentar el nivel de confianza del modelo.

Documentación y reporte: Se debe reunir todos los análisis y resultados de la simulación para ser presentado a las diferentes partes interesadas o clientes

2.4.2.- Metodologías Secundarias

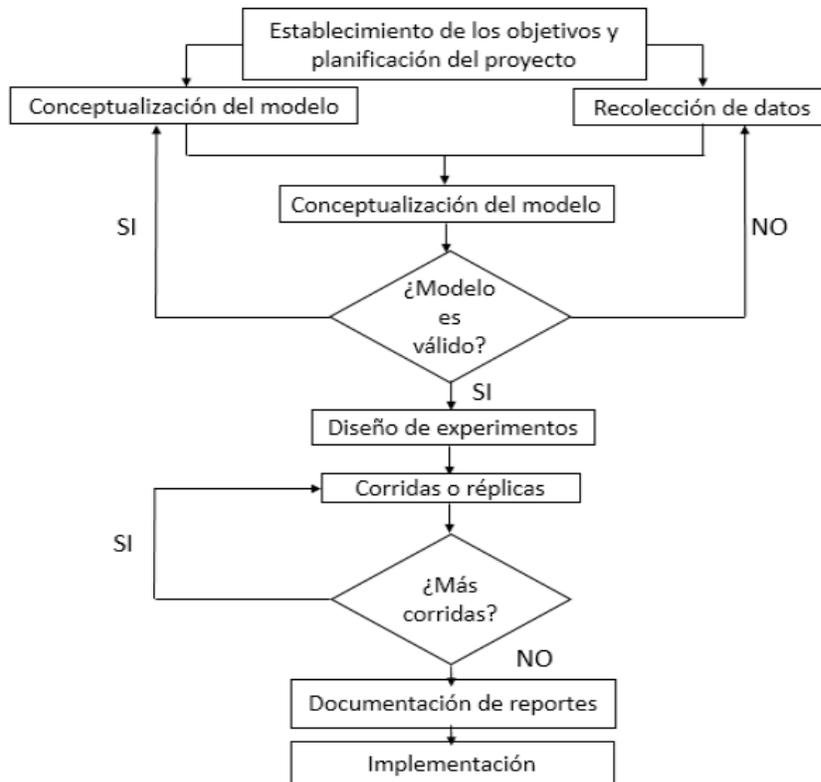
Las metodologías secundarias son aquellas, en las que los autores investigados configuraron sus propias metodologías, es decir, que sus etapas en general son una combinación de etapas de otros autores. Es necesario anotar que, entre las metodologías secundarias se encuentra la metodología de Pritsker y Pegden y Tarifa, las cuales fueron citadas por Ricardo Cadena y Alejandro Acevedo respectivamente. A excepción de esta, todas las demás metodologías fueron diseñadas por los propios autores.

2.4.2.1.- Metodología José Augusto Llicán.

En el año 2003 José Augusto Llicán propone una metodología para la construcción de modelos de simulación que está descrita a continuación:

Figura 2.

Pasos para la simulación según Jose agosto Llican



Fuente: LLICAN CALDERON, José Augusto. Simulación de sistemas Caso: Servicentro de Combustible. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas, 2003. p.19.

2.4.2.2.- Metodología Pritsker y Pegden

En el año 2003 Ricardo Cadena propone la metodología de construcción de modelos de simulación según el trabajo de Pritsker y Pegden²³, la cual está constituida por 6 etapas que se resumen a continuación:

Definir Objetivos, Alcances y Requerimientos: En esta etapa se define los requerimientos en términos de recursos, tiempo, presupuesto y desarrollo del proyecto.

Recolección y Análisis de Datos del Sistema: Identificar, recoger y analizar los datos que definirán el sistema que se va a modelar.

Construir el Modelo: Desarrollar el modelo de simulación del sistema.

Validación del Sistema: Depurar el modelo y estar seguro que es una representación real del sistema.

Experimentación: Ejecutar el modelo en cada uno de los escenarios que se tienen planeados y que serán evaluados, para posteriormente analizar los resultados.

Presentar Resultados: En esta etapa se presentan los resultados del modelo para posteriormente tomar una decisión. Cabe resaltar que la simulación es un proceso iterativo, cuyas actividades son redefinidas y algunas veces con cada repetición.

2.4.2.3.- Metodología Daniel Bernal

En el 2006 Daniel Bernal²⁴, propone una metodología para construir modelos de simulación en 4 etapas, que se describen a continuación:

Planeación del Estudio de Simulación: Identificar el objetivo del estudio, los indicadores que se quieren medir y las restricciones que se presentan y cuáles son los resultados que se pretende obtener del modelo.

Definición del sistema: Con relación al alcance del sistema que se pretende, al nivel de detalle que quiere identificarse.

2.4.2.4.- Metodología Juan Fernando Pérez y Germán Riaño.

En el 2007 Juan Fernando Pérez y Germán Riaño²⁵, proponen una metodología para la construcción de modelos de simulación, la cual está compuesta por 3 etapas, se detallan a continuación:

Recolección de Datos: Con una amplia toma de datos que permitiera hacer varios análisis detallados. Se realizaron pruebas de homogeneidad con la prueba no paramétrica de diferencias de N medias de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza del 95%.

Análisis de Datos: Pruebas de bondad de ajuste con la prueba de kolmogorov-Smirnov.

Medida de desempeño: Se determinaron medidas de desempeño para la validación del sistema real.

2.4.2.5.- Metodología Néstor Fabián Ayala y otros.

En el 2007 Néstor Fabián Ayala, Juan Carlos Michalus e Iván Santelices Malfanti²⁶, propusieron una metodología para construir modelos de simulación en 6 etapas, que se observa a continuación:

Elaboración del modelo conceptual: Empieza con la observación y el análisis del sistema real. Después se elabora un mapa conceptual o un diagrama de procesos, en éste se realizarán simplificaciones y finalmente se hace el levantamiento de los datos.

Construcción del modelo informático: Consiste en introducir y expresar los datos en el lenguaje de simulación correspondiente al software elegido.

Verificación y validación del modelo: Se comprueba si el comportamiento del modelo informático representa el sistema real.

Cambios de escenario: En esta etapa se modifica el modelo actual con el fin de obtener alternativas que resuelvan el problema en cuestión.

Corridas de simulación: Las corridas del modelo sirven para proporcionar los datos del sistema real, para posteriormente interpretarlos y realizar inferencias con base en ellos.

Implantación de la mejor solución hallada: Se determina la mejor alternativa de solución teniendo en cuenta las políticas y disponibilidad de recursos de la empresa.

2.4.2.6. Metodología Juan Benedicto Peña

En el 2012 Juan Benedicto Peña³⁴, propone una metodología para la construcción de modelos de simulación que está constituida por 6 etapas como se observa a continuación:

Formulación del problema: Se realiza de acuerdo a los planos reales en donde se lleva a cabo el proceso productivo, teniendo en cuenta sus restricciones.

Configuración del sistema a ser modelado: En esta etapa se modelará la propuesta con todos los elementos del proceso.

Recolección de Datos: Cuando no se tienen los datos del proceso real se toman de un producto similar con la identificación de los procesos que intervienen en la fabricación.

Construcción del LayOut y objetos 3D involucrados en el modelo de simulación en el laboratorio de ambiente real de manufactura: Gracias a la información que brindan los planos de laboratorio de ambiente real de manufactura, es posible construir la instalación, permitiendo la visualización en 3D.

Construcción del modelo de simulación: Utilizando el software específico para la representación más cercana al sistema real.

2.5.- CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

2.5.1. Enfoque Cuantitativo

El proceso cuantitativo parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis.

La simulación es un procedimiento cuantitativo que describe un proceso al desarrollar un modelo del mismo y después conducir una serie de experimentos de tanteos organizados para predecir el comportamiento del mecanismo con el tiempo. El observar los experimentos es muy parecido a observar el proceso en operación. Para encontrar cómo reaccionaría el proceso real a ciertos cambios, podemos producir estos cambios en nuestro modelo y simular la reacción del proceso real a ellos.

La simulación es un sustituto apropiado para la evaluación matemática de un modelo en muchas situaciones. Aunque también involucra suposiciones, éstas son tratables. El uso

de la simulación nos permite proporcionar una percepción clara a ciertos problemas de toma de decisiones donde la evaluación matemática de un modelo no es posible.

En general los modelos de simulación difieren de los modelos matemáticos en dos aspectos:

1. Los modelos de simulación normalmente no se diseñan para encontrar soluciones óptimas o mejores, como se hace en la programación lineal. En su lugar se evalúan diversas alternativas propuestas y se toma una decisión (ITSS Modelos de simulación Conceptos básicos L.A. Jorge Velasco Castellanos) con base en la comparación de resultados. Es decir, se evalúa el rendimiento de un sistema previamente especificado.
2. Los modelos de simulación generalmente se centran en las operaciones detalladas, ya sean físicas o financieras, del sistema. El sistema se estudia mientras opera durante el tiempo y se incluyen los efectos de los resultados de un período en el siguiente. A diferencia de los modelos matemáticos, los modelos de simulación pueden representar al sistema como un todo y no en forma parcial. Como resultado de esto, todas las relaciones de causa y efecto entre los diferentes componentes del modelo son consideradas en todos los experimentos del sistema. Por otro lado, la simulación permite calcular no sólo los valores esperados (medias) de las medidas descriptivas del rendimiento de un sistema, sino también sus valores extremos. Esto es, la simulación nos brinda no sólo los valores esperados de las medidas de rendimiento relevantes, sino que además nos da sus variancias.

2.6.- IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES

Las referencias de consulta para el desarrollo del Marco Teórico fueron:

Exploración de libros relativos al tema de investigación:

- ✓ LAW, A.M. & KELTON, D.W. Simulation Modeling and Analysis. 3ed. McGraw-Hill, 2000. p.292. Desarrolla la evolución de la eficiencia del programa de tránsito “cruces uno por uno”, en la ciudad Orizaba, Veracruz, México, mediante la micro simulación. Plantea una metodología para los procesos de simulación en 9 etapas.

- ✓ 20BANKS, J. CARSON II, John, S. BARRY, N. Discrete Event System Simulation [en línea]. 4ed. London: Prentice Hall International, 2005. p.12-16. Desarrolla el diseño y construcción de herramienta de simulación para la toma de decisiones en gestión de almacenaje en frío en plantas de proceso de mitilidos.

Exploración de páginas web relativos al tema de investigación:

- ✓ Revista De Ingeniería Industrial 2007. Vol1, no.1 p.2-5.
Disponible en: <<http://academiajournals.com/downloads/MorasOjeda.pdf>>.
- ✓ Trabajo de Grado Ingeniería Civil Industrial. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile. Escuela de Ingeniería Industrial Civil, 2011. p.22-23. Disponible en:
< <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bpmfcir993d/doc/bpmfcir993d.pdf>>.
- ✓ “Tutorial del Simulador Flexsim”, Página oficial: FLEXSIM 3D Simulation Modeling and Analysis Software, FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS, INC. Utah 84097 USA. (1993-2022). Disponible en:
www.flexsim.com

Exploración de Artículos científicos relativos al tema de investigación:

- ✓ “SIMULACIÓN FLEXSIM, UNA NUEVA ALTERNATIVA PARA LA INGENIERÍA HACIA LA TOMA DE DECISIONES EN LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE MÚLTIPLES ESTACIONES DE PRUEBA”, autores: Marco Antonio Díaz-Martínez, Ricardo Zárate-Cruz y Reina Verónica Román-Salinas, Revista Científica, vol. 22 del Instituto Politécnico Superior de Pánuco, Mexico (2018). El objetivo principal de este documento es afrontar conceptos clave en relación con el uso del software FLEXSIM dentro de un modelo de simulación, como una alternativa innovadora de efectividad en la toma de decisiones de las operaciones de un sistema de producción. El estudio incluye una revisión literaria, conceptos del modelo y simulación, aplicaciones, la caracterización de FLEXSIM y la descripción para la construcción de un modelo en el software FLEXSIM.

- ✓ “SIMULACIÓN DE PROCESOS, UNA PERSPECTIVA EN PRO DEL DESEMPEÑO OPERACIONAL”, autores: José Roberto Cantú – Gonzales, María del Carmen Guardado García, José Luis Balderas Herrera, de la Universidad Autónoma de Coahuila, Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa (2016). Este trabajo aporta diferentes aspectos de interés para la Ingeniería Industrial: Se presenta la fundamentación del concepto de simulación y su vinculación como herramienta del proceso, el análisis de las alternativas de software comercial existente y finalmente presenta un modelo de mejoramiento del desempeño operacional basado en la utilización del software de simulación PROMODEL.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1.- TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1.- Investigación bibliográfica

La presente investigación fue bibliográfica ya que se empleó libros, revistas, proyectos de investigación y artículos científicos para la elaboración de la fundamentación teórica, relacionados a la simulación de procesos de manufactura en las empresas.

3.1.2.- Investigación de campo

Es una investigación de campo debido a que se obtuvo información de la empresa como: número de operarios, producción diaria, cantidad de materia prima que ingresa a la planta, tiempo de operación de los procesos, frecuencias de flujos de materiales en cada equipo, tipo de máquinas en cada operación y tiempo de los procesos de producción de la unidad productiva PYME FRANSPOORT.

3.1.3.- Investigación descriptiva

Se lo define como descriptiva, por que describe el relacionamiento que existe entre las variables de número de productos y tiempo horario.

3.2.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Diseño Experimental

Una ventaja de realizar diseño experimental vía simulación es que no se requieren unidades experimentales físicas, sino que se simula una situación y se controla sobre éstas, variando los factores que intervienen en el proceso, pero las unidades experimentales serán los escenarios que corresponden a una situación virtual. Dichos estudios son muy comunes en la investigación estadística y de ingeniería, ya que no es fácil en muchas situaciones tomar datos de procesos productivos o de servicios reales. A partir de esta simulación, se completa la matriz de datos completamente aleatorizada requerida para aplicar las técnicas de un diseño experimental.

Las herramientas estadísticas utilizadas para analizar los datos que resultan de un experimento son ampliamente conocidas y muchas de ellas se basan en el análisis de varianza.

Los análisis vía simulación habitualmente no generan un método inferencial adecuado directamente. Por ello, el ingeniero que maneja la herramienta del diseño experimental, puede controlar el proceso, recoger los datos y posteriormente, emplear las técnicas estadísticas para la optimización de niveles apropiados para la toma de decisiones en un tiempo mucho menor que el requerido en situaciones reales. Esta práctica surge como motivación para que los estudiantes investiguen temáticas de interés y apliquen conocimientos adquiridos en el curso Análisis y diseño de experimentos, en problemáticas especiales de la Ingeniería Industrial.

3.3.- VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Son las características y propiedades cuantitativas/cualitativas de un objeto o fenómeno que adquieren distintos valores y varían respecto a las unidades de observación.

Figura 3.
Identificación de variables

	Variable Dependiente	Variable Independiente
Exógena	PYMES de la ciudad de El Alto	Metodología moderna de optimización de sistemas de producción basado en el software FLEXSIM
Endógena	Productividad (Número de productos)	Tiempo horario

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

3.4.- AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se la realiza en campo y trabajo en gabinete, en campo para el registro de la información mediante herramientas de Ingeniería de Métodos, registro de tiempos y

movimientos, seguidamente se realiza los demás procedimientos estadísticos y construcción del modelo de simulación en trabajo en gabinete.

El presente estudio se realiza en la empresa FRANSPOY PYME textil confección ubicada en la ciudad de El Alto y las oficinas del Instituto de Investigaciones de la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial.

3.5.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.5.1.- Técnicas

3.5.1.1. Método de Resolución de Problemas

a) Lluvia de ideas para identificar causas a un problema.

Esta técnica consiste en dar oportunidad a todos los miembros de un grupo de involucrados en un asunto, opinar o sugerir, sobre las causas raíz de un problema, un plan de mejoramiento u otro aspecto a mejorar, y así se aprovecha la capacidad y creatividad de los participantes. En esta etapa se define el problema y las potenciales causas.

Figura 4.

Ejemplo de la técnica lluvia de ideas



Fuente: <https://franciscotorreblanca.es/brainstorming-o-tormenta-de-ideas/>

b) Diagrama de Causa y Efecto.

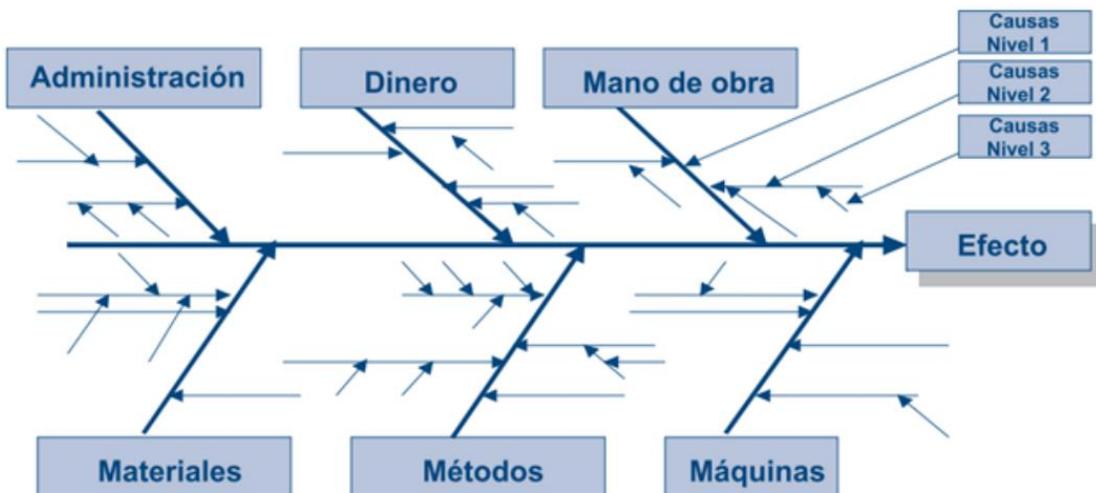
Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema.

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del Diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema es el paso más importante en la construcción de un Diagrama de Causa y Efecto. Las ideas generadas en este paso guiarán la selección de las causas de raíz. Es importante que solamente causas, y no soluciones del problema sean identificadas. Para asegurar que su equipo está al nivel apropiado de profundidad, se deberá hacer continuamente la pregunta Por Qué para cada una de las causas iniciales mencionadas. Si surge una idea que se ajuste mejor en otra categoría, no discuta la categoría, simplemente escriba la idea. El propósito de la herramienta es estimular ideas, no desarrollar una lista que esté perfectamente clasificada.

Figura 5.

Ejemplo de diagrama Causa - Efecto



Fuente: Principales categorías del Diagrama Causa – Efecto. Técnicas, 2009, pág. 23

c) Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica para clasificar las causas de un problema desde la más significativa hasta la menos significativa. En 1950 el doctor Joseph M. Juran aplicó este principio. (Summers D. C., 2006). Este enunciado se conoce también como los pocos vitales y los muchos triviales, o también como la ley 80-20, que quiere decir, el 20% de las causas ocasionan el 80% de los fenómenos. Aunque no siempre es 80-20, el diagrama es un método visual para identificar cuáles problemas son más significativos.

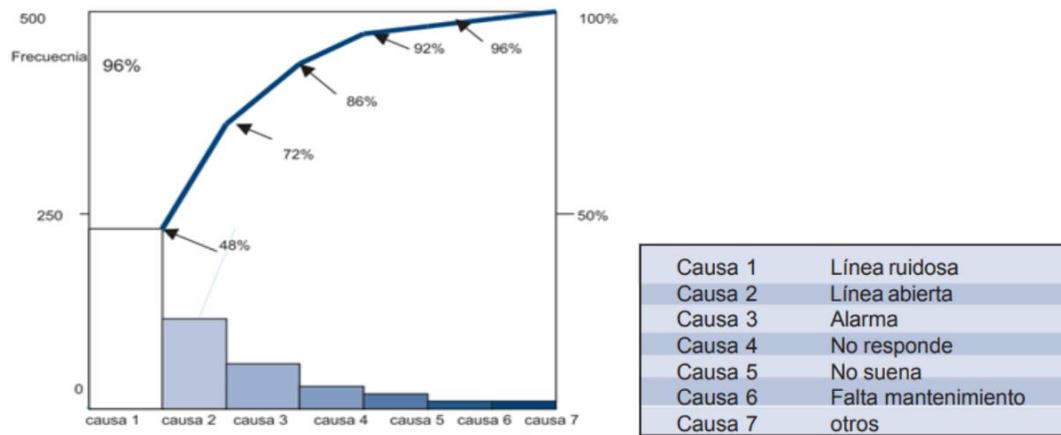
Esta herramienta es usada para encontrar las causas que generan los defectos de producción, de esta manera podremos encontrar que ocasiona el fallo, y así atacarlo directamente y lograr la calidad del producto. El uso de los diagramas de Pareto también limita la tendencia de la gente a enfocarse en los problemas más recientes en lugar de los más importantes. (Summers D. C., 2012).

El procedimiento para la elaboración del diagrama de Pareto es como sigue a continuación:

- 1) Describir las causas identificadas en un problema a resolver.
- 2) Registrar las frecuencias de ocurrencia de las causas.
- 3) Ordenar los datos de frecuencias de mayor a menor.
- 4) Obtener un porcentaje relativo de cada causa.
- 5) Obtener los porcentajes acumulados.
- 6) Dibujar los ejes: eje horizontal, de izquierda a derecha, en orden decreciente de frecuencia se colocan los factores; % a la derecha y a la izquierda el número de datos observados. En el eje x se muestran las causas o categorías del problema a resolver.
- 7) Dibujar las barras de acuerdo a los datos de frecuencia y porcentajes acumulados.

Figura 6.

Representación gráfica del diagrama de Pareto

Fuente: <https://es.slideshare.net/rafaeltic/diagrama-de-pareto>

Con el método de resolución de problemas podemos generar la identificación del problema, se concibe ideas de causa raíz, se organiza la estructura y pondera las causas potenciales. Con ayuda del diagrama de Pareto identificamos las causas raíz que debemos atacar para resolver el 80% de los problemas.

3.5.1.2.- Estudio de Ingeniería de Métodos

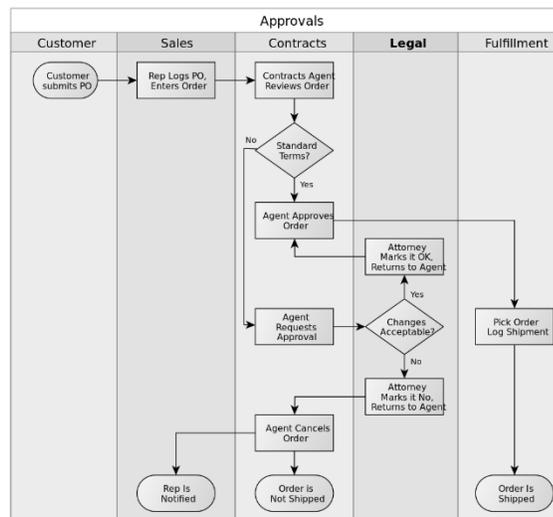
El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del *Estudio de Métodos* es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo.

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo a esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir "*El proceso*" para luego llegar a lo más particular, es decir "*La Operación*". En muchas ocasiones se presentan dudas acerca del orden de la aplicación, tanto del Estudio de Métodos como de la Medición del Trabajo.

Los objetivos principales de la Ingeniería de Métodos son aumentar la productividad y reducir el costo por unidad, permitiendo así que se logre la mayor producción de bienes para mayor número de personas. La capacidad para producir más con menos dará por resultado más trabajo para más personas durante un mayor número de horas por año. Para el presente trabajo se establecerá las siguientes herramientas de la Ingeniería de Métodos para el registro de la información del proceso.

a) MAPEO DE PROCESOS: El mapeo de procesos es un diagrama de planificación y gestión de operaciones que nos permite analizar visualmente el flujo del trabajo, la secuencia de las operaciones dentro un proceso de producción.

Figura 7.
Representación gráfica del Mapeo de Procesos



Fuente: Wikipedia

b) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS: Los diagramas de flujo de procesos son de gran utilidad para registrar información de tiempos y movimientos de esta forma localizar mudas en el proceso, emplean la siguiente simbología.

Figura 8.

Simbología empleada en los Diagramas de flujo de Procesos

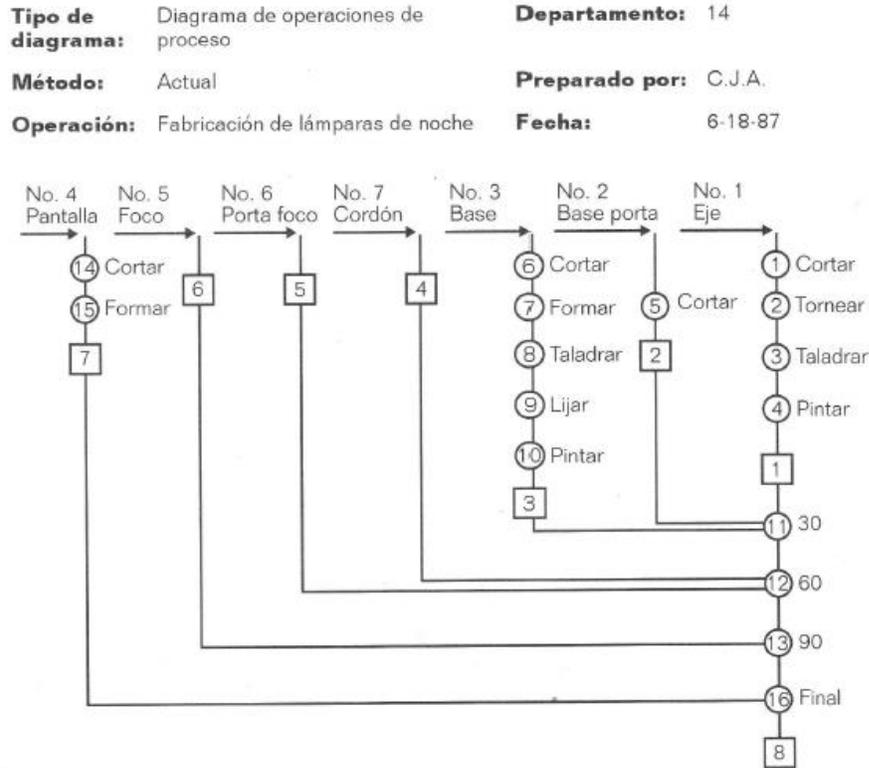
Símbolo	Denominación	Descripción
	Operación	Indica que se altera el estado de un elemento con el que se está trabajando. En procedimientos administrativos, brindar información, emitir un formulario, etc.
	Inspección	Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas conforme a especificaciones preestablecidas.
	Transporte	Indica el traslado físico de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro. En procedimientos administrativos el traslado de un formulario.
	Espera	Indica que hay un elemento dado detenido esperando a que se produzca un acontecimiento determinado. Periodo de tiempo en el que se registra inactividad ya sea en los trabajadores, materiales o equipo
	Almacenamiento	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén según un criterio determinado de clasificación.

Fuente: <https://www.scribd.com/document/440510706/Cursograma-analitico>

Cursograma Sinóptico: El cursograma sinóptico, también llamado diagrama de operaciones de proceso es un diagrama que presenta un cuadro general de cómo suceden tan solo las principales operaciones e inspecciones. Trabajar con el diagrama de operaciones o cursograma sinóptico de proceso nos ofrece una variedad de ventajas de las cuales mencionaremos las principales:

- ✓ Se conocerán las operaciones necesarias en cada componente o artículo.
- ✓ La secuencia de producción de las operaciones.
- ✓ La secuencia de producción de los componentes y sus ensambles.

Figura 9.
Representación gráfica del Cursograma Sinóptico



Fuente: Manual de tiempos y movimientos, Ingeniería de Métodos, Camilo Jananina Abraham, Editorial LIMUSA, Mexico 2008

Cursograma Analítico: Una vez trazado el cuadro general de un proceso se puede entrar en mayores detalles. El cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto señalando todas las actividades sujetas a examen mediante el símbolo que corresponda.

El cursograma analítico se establece de forma análoga al sinóptico, pero utilizando además los símbolos de transporte espera y almacenamiento. Siempre se emplearán los mismos símbolos y se aplican procedimientos similares.

Figura 10.
Representación gráfica del Cursograma Analítico

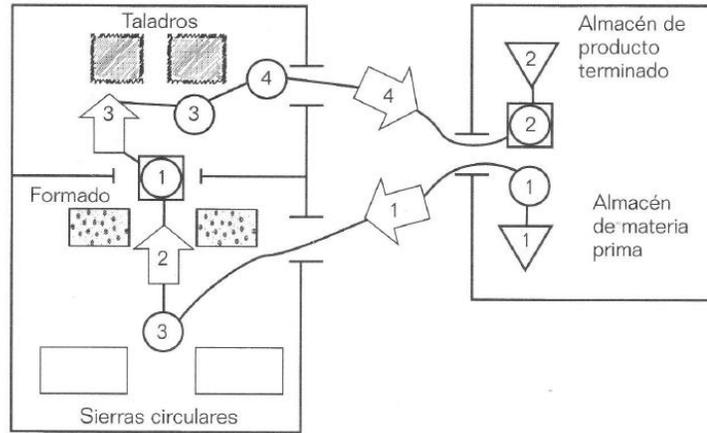
CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario / Material / Equipo					
Diagrama no.1		Hoja: 1 de 1		Resumen					
Producto:		ETIQUETAS INDUSTRIALES		Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Actividad:		CORTAR, DESENGRASAR, IMPRIMIR, SECAR, PLANCHAR, INSPECCIONAR.		Operación	13	11	2		
Método: actual / propuesto				Inspección	5	5	0		
Lugar: NAVE INDUSTRIAL				Espera	3	1	2		
Operario (s):		Fecha no.		Transporte	5	2	3		
Compuesto por:		Fecha: 24/08/98		Almacenamiento	1	1	0		
Aprobado por:		Fecha:		Distancia (mts.)	42.55	36.05	6.50		
				Tiempo (hrs.-hgm.)					
				Costo					
				Mano de obra					
				Material					
				TOTAL					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad			OBSERVACIONES		
EN ALMACEN ROLLOS DE P.V.C.				○	□	D	↔	▽	
TRANS. DE P.V.C. A GUILLOTINA GRANDE		32.2 m							CON CARRETILLA
CORTE PRELIMINAR A 16 x 26 cm.									CORTADORA MANUAL.
DESENGRASADO									
INSPECCION DE DESENGRASADO									SIN BASURA
TRANS. A PROCESO COLOR AZUL		2.85 m							MANUAL E INDIVIDUAL.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN AZUL									
INSPECCION DE LA IMPRESION									SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA IMPRESION EN AZUL.									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN AMARILLO									
INSPECCION DE LA IMPRESION.									SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA INSPECCION.									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN ROJO.									
INSPECCION DE LA IMPRESION									SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA INSPECCION									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN PLATA									
INSPECCION DE CALIDAD EN LA IMPRESION.									SIN POLVO Y BASURA
COLOCACION PARA SECADO DE LA IMPRESION.									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DEL ADHESIVO.									2 HOJAS A LA VEZ.
DEMORA POR AGRUPACION DE LOTE.									
TOTAL		36.05		11	5	1	2	1	

Fuente: Manual de tiempos y movimientos, Ingeniería de Métodos, Camilo Jananina Abraham, Editorial LIMUSA, Mexico 2008

Diagrama de Recorrido: El diagrama planimétrico de flujo o diagrama de recorrido es una representación gráfica sobre plano del área (LayOut) en la cual se desarrolla la actividad, con las ubicaciones indicadas de los puestos de trabajo y el trazado de los movimientos de los hombres y/o de los materiales. Muestra el recorrido de un producto tomando en cuenta las operaciones e inspecciones, demoras transporte y almacenamiento.

Figura 11.

Representación gráfica del diagrama de recorrido



Fuente: Manual de tiempos y movimientos, Ingeniería de Métodos, Camilo Jananina Abraham, Editorial LIMUSA, Mexico 2008

3.5.3.- El Diagrama de Dispersión

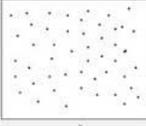
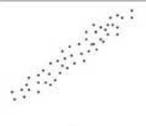
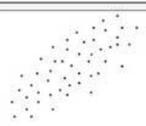
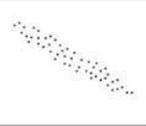
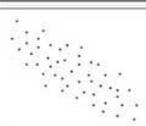
El diagrama de dispersión se usa comúnmente para mostrar cómo dos variables se relacionan entre sí, de este modo, permite estudiar las relaciones que existen entre dos factores, problemas o causas relacionadas con la calidad, o un problema de calidad y su posible causa.

La representación gráfica más útil para describir el comportamiento conjunto de dos variables es el diagrama de dispersión o nube de puntos, donde cada caso aparece representado como un punto en el plano definido por las variables.

En un primer análisis nos permite identificar los valores errados (malas lecturas) que se encuentran fuera de la nube de puntos por diferentes fenómenos exógenos que no son parte de la actividad, quienes deben ser eliminados para que no provoquen entorpecimientos en los cálculos posteriores.

Figura 12.

Representación gráfica del diagrama de dispersión

Diagrama	Tipo de relación
	Sin relación. No se aprecia ninguna correlación entre las dos variables.
	Alta correlación positiva. El valor de Y se incrementa nitidamente a medida que el valor de X aumenta.
	Baja correlación positiva. El valor de X aumenta ligeramente a medida que aumenta el valor de Y.
	Fuerte correlación negativa. El valor de X claramente disminuye a medida que aumenta el valor de Y.
	Débil correlación negativa. El valor de X disminuye ligeramente a medida que aumenta el valor de Y.

Fuente: <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/>

3.5.4.- Simulación de Procesos de Manufactura con FLEXSIM

El software Flexsim fue desarrollado por Bill Nordgren, Roger Hullinger, Cliff King, Eamonn Lavery y Anthony Johnson. Se lanzó al mercado en 2003.

Es un software de simulación 3D que modela, analiza, predice y visualiza cualquier sistema de un proceso industrial (FlexSim, 2020). El software se orienta a objetos, lo que permite una mejor visualización del flujo de producción. Además, al permitir modelar en 3D facilita la identificación a simple vista de cuellos de botellas y otros problemas.

Figura 13.

Logotipo del Software de Simulación FLEXSIM

Ilustración 3.1. Logo de FlexSim. Obtenido de (FlexSim, 2020)Fuente: <https://www.flexsim.com>

Características

El software cuenta con numerosas características que lo diferencian de otros programas de simulación. Entre las principales se puede destacar que el software está orientado a objetos y la posibilidad de modelar en 3D. Estas dos características consiguen una mejor visualización del modelo, logrando que puedan identificarse visualmente los puestos de trabajo con problemas como los cuellos de botella. Además, el modelo 3D permite importar objetos de diferentes programas de diseño como AutoCad, Catia, Revit.

El programa cuenta con un manual de usuario actualizado donde se puede aprender la lógica del problema. Se dispone de tutoriales con explicación detallada de la interfaz, de los objetos, de las conexiones y de la obtención de datos. Esto hace que sea posible que se pueda consultar cualquier duda.

FlexSim cuenta con una amplia variedad de objetos que presentan listas de opciones. Estas listas facilitan el modelizado sin necesidad de programar, por lo que es un programa fácil de usar para cualquier persona que no tenga gran conocimiento de los lenguajes de programación. Aquellas personas que tienen un nivel medio o alto de programación pueden conseguir simulaciones más complejas usando el lenguaje C++.

La última característica que se puede destacar es la posibilidad de realizar tanto simulaciones de sistemas discontinuos como de sistemas continuos, incluso con la posibilidad de combinar ambos.

Aplicaciones

FlexSim es una herramienta muy versátil, por lo que tiene multitud de aplicaciones en el campo de la salud, la logística, la fabricación, el almacenamiento, la minería, los centros

aeroespaciales, los aeropuertos e incluso en el sector servicios como en hoteles, supermercados y hospitales.

Esta herramienta es usada tanto por empresa líderes de la industria como por pequeñas compañías. Algunas de estas empresas son Volkswagen, Coca-Cola, Disney, U.S. ARMY, Nasa, Oracle, Tetra Pak, IBM, DHL, Gillette, Goodyear, Nissan, Michelin, Amazon, FedEx, Johnson Controls, Apple, Toyota, IBM, AbInBev, Ford, Raytheon, Boeing, ABB, Nordstrom (FlexSim, 2020).

3.5.2.- Instrumentos

Diseño de Instrumentos.

La Información Primaria será obtenida mediante visitas técnicas a las instalaciones de la empresa FRANSPOORT de la ciudad de El Alto. Se realizará el registro de las actividades, registro de las distancias recorridas por el material, tiempo observado de las actividades y definición de las actividades (operación, almacenamiento, demora, transporte e inspección). Para este fin se aplica el diseño de instrumentos: Diseño de Diagrama Analítico del Proceso.

Figura 14.

Diseño de Instrumentos: Diseño de Diagrama Analítico del Proceso

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS (DAP)														RESUMEN							
Diagrama No 1: Hoja 1 de 1														ACTIVIDADES							
PRODUCTO: SUBLIMADO														ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA					
MÉTODO: ACTUAL														6	0	6					
LUGAR: ÁREA DE PROCESO														2	0	2					
FECHA: 6 DE SEPTIEMBRE DE 2022														3	0	3					
ELABORADO POR: UNIV. JAVIER CERDANO L.														0	0	0					
REVISADO POR: ING. WALTER JACINTO YUCRA														0	0	0					
Descripción	Qty (und)	Distancia (m)	Código de Equipo	Tiempo Observado de la Operación (seg)										Estadística		Símbolo					Observaciones
				08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	14:00	15:00	16:00	17:00	n	Media	Dvst	○	□	⇨	D	▽	
Setup Time (Temperatura y Tiempo)	0	0	0	19,0	18,0	24,0	20,0	19,0	24,0	26,0	25,0	23,0	45	22,9	5,43	1			1		A las 14:00 se tuvo un problema con la alimentación
				18,0	20,0	22,0	24,0	23,0	22,0	22,0	18,0	22,0									
				21,0	25,0	27,0	24,0	18,0	54,0	26,0	24,0	26,0									
				19,0	22,0	25,0	23,0	24,0	18,0	26,0	21,0	27,0									
Verifica orden de pedido (prendas vs suministros)	0	1,2	Mesa de Trabajo	56,0	69,0	45,0	56,0	75,0	51,0	68,0	54,0	45,0	45	67,4	64,02	1			1		A las 17 hrs hubo prendas que necesitaban control de calidad
				45,0	63,0	76,0	65,0	51,0	58,0	40,0	51,0	60,0									
				60,0	35,0	45,0	73,0	70,0	50,0	48,0	74,0	48,0									
				46,0	48,0	64,0	83,0	63,0	66,0	39,0	83,0	48,0									
Coloca la prenda a sublimar	1	1,2	MAQ-1A	58,0	61,0	63,0	68,0	73,0	59,0	45,0	44,0	57,0	45	23,6	5,24	1			1		La ventana abierta de ventilación provoca que la prenda pierda la posición adecuada
				23,0	26,0	21,0	22,0	26,0	20,0	19,0	25,0	20,0									
				20,0	19,0	23,0	21,0	19,0	25,0	26,0	25,0	20,0									
				23,0	24,0	24,0	19,0	25,0	50,0	25,0	22,0	23,0									
Coloca el papel de sublimado	1	1,2	MAQ-1A	19,0	26,0	24,0	21,0	25,0	25,0	39,0	23,0	45	27,2	3,51	1			1		La ventana abierta de ventilación provoca que el papel pierda la posición adecuada	
				19,0	26,0	22,0	22,0	24,0	22,0	25,0	20,0										22,0
				24,0	26,0	25,0	27,0	25,0	27,0	24,0	27,0										28,0
				24,0	29,0	24,0	28,0	26,0	27,0	28,0	27,0										26,0
Sublimado	1	0	MAQ-1A	24,0	25,0	25,0	28,0	24,0	38,0	27,0	28,0	29,0	45	33,9	1,37	1				Operación mecánica	
				29,0	25,0	24,0	35,0	25,0	24,0	28,0	29,0	28,0									
				28,0	27,0	26,0	28,0	28,0	25,0	25,0	42,0	27,0									
				34,0	32,0	32,0	36,0	33,0	34,0	36,0	33,0	36,0									
Retira papel de sublimado	1	0	MAQ-1A	36,0	35,0	35,0	33,0	33,0	33,0	33,0	32,0	35,0	45	4,0	0,82	1					
				32,0	33,0	35,0	32,0	32,0	34,0	36,0	35,0	34,0									
				34,0	32,0	36,0	35,0	34,0	35,0	33,0	33,0	33,0									
				35,0	33,0	32,0	35,0	35,0	36,0	34,0	33,0	33,0									
Retira prenda sublimada	1	1,2	MAQ-1A	5,0	4,0	4,0	3,0	5,0	3,0	4,0	4,0	5,0	45	4,3	1,02	1					
				3,0	5,0	3,0	5,0	4,0	4,0	3,0	5,0	5,0									
				3,0	4,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0	4,0	3,0									
				3,0	4,0	4,0	3,0	3,0	5,0	4,0	3,0	4,0									
Inspección de la prenda sublimada	1	0	Mesa de Trabajo	4,0	3,0	5,0	5,0	3,0	5,0	4,0	4,0	3,0	45	5,1	0,79	1					
				4,0	5,0	6,0	5,0	5,0	6,0	6,0	4,0	5,0									
				6,0	4,0	6,0	4,0	5,0	5,0	4,0	6,0	6,0									
				6,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	6,0	5,0									

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

3.6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolla en tres etapas:

Primera etapa. Revisión Bibliográfica y memorias de producción.

En esta etapa se realiza:

- ✓ Rastreo de la información, memorias de producción de la empresa FRANSFORT
- ✓ Definición de la metodología de registro, recopilación y evaluación de la información.
- ✓ Diseño de Instrumentos.
- ✓ Equipos y herramientas para el relevamiento.
- ✓ Gestión de cartas de autorización.

Segunda etapa. Trabajo de campo

En esta etapa se realiza:

- ✓ Visitas técnicas a las instalaciones de la empresa FRANSFORT
- ✓ Aplicación de Instrumentos, equipos y herramientas
- ✓ Registro y recopilación de la información.

Tercera etapa. Trabajo de gabinete.

La metodología de Law y Kelton, propone diez etapas generales para construir modelos de simulación las cuales se presentan a continuación:

- a) **Definición del Problema:** Toda simulación comienza con un problema bien determinado que puede ser proporcionado por la empresa o planteado por el analista. Esta es la etapa en que se identifican los problemas más relevantes del sistema. La importancia de esta etapa radica en que si el problema no está bien entendido con seguridad el modelo fracasará.
- b) **Recolección de los datos del sistema:** Como su nombre indica, en esta etapa se recolectan los datos relevantes, como tiempos de proceso, número de empleados, velocidades de las máquinas, las cuales van a ser utilizadas para construir el modelo de simulación.

- c) **Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema:** Los datos que se haya recolectado se analizan con el propósito de conocer con que distribución de probabilidad se comporta el conjunto de los datos. Para poder realizar esta identificación, los autores utilizan la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado, Kolmogorov-Smirnov, o Anderson-Darling con un nivel de significancia de 0.05.
- d) **Medidas de desempeño:** Se establecen las variables de desempeño (cantidad de productos en un turno, cantidad de clientes en un día, etc). Las cuales se evalúan con el fin de conocer cuan eficiente es el sistema.
- e) **Construcción del Modelo de Simulación:** Se debe tener conocimiento del software de simulación, con el cual se construirá el modelo de simulación.
- f) **Validación del Modelo de simulación:** Utiliza la prueba de hipótesis para poder concluir si el modelo es o no semejante al sistema real.
- g) **Experimentación:** Se identifica, el número de réplicas óptimas para minimizar el margen de error.
- h) **Alternativas de Mejora o Modelo Alternativo:** Las alternativas de mejoras son las propuestas de los cambios al sistema, para después compararse con el modelo original u otros modelos para seleccionar el mejor.
- i) **Resumen de Resultados:** En esta etapa se hace un resumen de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA FRANSPOORT

FRANSPOORT, es una organización boliviana dedicada a la confección, distribución y venta de prendas de vestir (buzos deportivos, chamarras deportivas, parkas, gorras, bolsos), desarrolla sus actividades comerciales en la ciudad de La Paz.

La Planta de Producción está ubicada en la ciudad de El Alto (Zona Industrial), allí se elaboran todos los productos de la compañía los cuales tienen como destino los puntos de ventas ubicadas en la ciudad de La Paz.

El proceso productivo que siguen las prendas deportivas es fundamentalmente el mismo para las diferentes líneas, con algunas variaciones de materia prima, telas y acabados de acuerdo a la referencia (gusto del cliente), mencionado proceso se divide en tres grandes etapas: *Recepción de pedidos, Manufactura y Distribución.*

Figura 15.

Ficha Técnica de la empresa FRANSPOORT

FICHA TÉCNICA FRANSPOORT



ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Nombre / Razon Social	FRANSPOORT		
Nombre del Empresario	Franz Chavez Bautista / CI: 2701081 LP		
Ubicación / Región	Provincia Murillo, La Paz - Bolivia		
Cadena	Textiles	Eslabon	Confección
Actividad	Confeccion de ropa deportiva		
Inicio de Actividades	Fundado por el empresario en 1992, en la ciudad de La Paz		
Dirección	Zona Santa Rosa, Calle "A" # 98, Ciudad de El Alto		
Teléfono	Fijo. 2811392 / Cel. 70549554	E-mail	Fransport.LP@gmail.com
Número de Personal	12 operadores		
Principales Clientes	1.- Colegios.		
	2.- Club's Deportivos.		
	3.- Instituciones privadas.		
	4.- STS - Comunicación.		
	5.- Ventas propias en sucursales		
Valor de ventas	Aprox.2248 \$us / mes		
Capacidad de producción	Aprox. 1680 u. / 1T de 12 Hrs		
Asesorías recibidas	Ninguna		

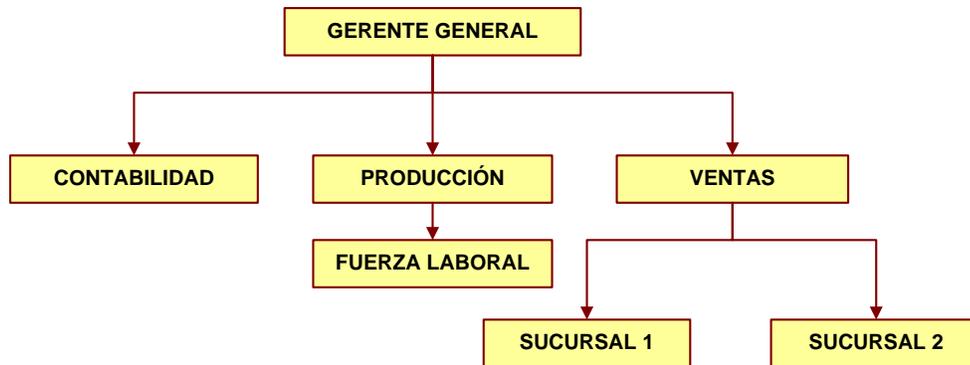
Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

4.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA FRANSFORT

La empresa sigue la siguiente estructura organizacional de acuerdo a las competencias de los que lo componen.

Figura 16.

Organigrama de la Empresa



Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

GERENTE GENERAL: Es el dueño de la empresa, se encarga de:

- ✓ Evaluar el desempeño de la empresa y la situación de esta.
- ✓ Gestión administrativa, reportes de producción y finanzas, reportes comerciales.

También revisa los informes y reportes que le entregan, también evalúa la situación de la empresa con la ayuda de asistentes y obreros de la planta, también se encarga de verificar que toda la producción se realice de la manera más eficiente posible, motivando a los empleados para que tengan un mejor desempeño y conseguir el beneficio de la empresa y ellos mismos.

JEFE DE PRODUCCION: Encargado de la planificación y presupuesto de trabajo por órdenes de trabajo.

- ✓ La cantidad de producción.
- ✓ Pedidos de la materia prima.
- ✓ Tiempo de entrega para los clientes y la variedad de los productos que se deben realizar para realizar la programación.

CONTABILIDAD: Encargado de la contabilidad, realización de planillas de sueldos, pago de impuestos, energía eléctrica, agua, etc.

VENTAS: Las jefaturas de las dos sucursales son independientes se encargan con todo lo relacionado al ámbito comercial, promoción del producto, recepción y entrega de pedidos, trabaja conjuntamente con el jefe de producción.

FUERZA LABORAL: Son la mano de obra, que se encargan de realizar los productos en las diferentes etapas del proceso de producción, además realizan el traslado del producto, recepción de materia prima, de acuerdo a lo encargado por el jefe producción.

4.3. MAPEO DEL PROCESO EN FRANSPORT

4.3.1.- Fase de preparación y corte

a) Selección y Construcción del Diseño

Se selecciona la tela principal, diseño (molde) del corte de acuerdo al pedido. En esta etapa se puede crear un diseño (molde) que contemple las expectativas y gusto del cliente.

b) Encarado de la tela principal

Para el cuidado en la manipulación de la tela principal, se procede al encarado que consiste en tomar los extremos laterales de la tela y unirlos de tal forma que la cara de la tela este protegido ante posibles maculados que se pueda presentar.

c) Trazado del diseño (molde) en la tela

Se traza el molde del diseño seleccionado en la Tela, se acomoda los moldes de tal forma que no se tenga tanto desperdicio en la operación de cortado.

d) Doblado de la tela

Se doblará la tela de acuerdo al número de unidades que se requiera, teniendo cuidado de que cada número de doblado contemple el trazado realizado.

e) Cortado de la tela

Se corta la tela siguiendo el trazado cuidadosamente.

f) Enumerado y distribución de las piezas

Se identifica y enumera todas las partes de acuerdo a la cantidad de unidades requeridas, para su posterior distribución a los puestos de trabajo en el área de confección.

4.3.2.- Fase de confección (ensamble)**a) Armado y costurado del bolsillo en el cuerpo**

Se realiza el armado previo de cremalleras, vistas, vivos y forro interior del bolsillo, para que posteriormente sea costurado con las maquinas recta y over.

b) Costurado lateral y central del cuerpo

La costura se lo realiza en la maquina inter, el producto es el cerrado lateral y central del cuerpo.

c) Unión de la cintura con el cuerpo

Previamente a esta operación se realiza el elasticado de la cintura (cintura más elástica), posteriormente se realiza la unión de la cintura con el cuerpo. Esta operación se lo realiza en una maquina recta.

d) Inspección de cerrado del producto

Dicha inspección se realiza a las costuras laterales, centrales y a la cintura, si se tiene costura defectuosa, esta se lo desata y vuelve a la operación de costurado lateral y central.

e) Pespuntado

Las prendas que superan la inspección pasan a respuntado.

f) Doblado y costurado del botapie

Una vez que el producto toma la forma Terminal, se realiza el doblado del botapie para su posterior costurado.

g) Perforado de la cintura

Se perforará la cintura para que pueda ser introducido el cordón, esta perforación depende del grosor del cordón.

h) Ensamble y encampanado del cordón

Teniendo la perforación lista, se procede al ensamble del cordón en la cintura y su encampanado.

4.3.3.- Fase de Serigrafía y Estampado por sublimación

a) Diseño gráfico e impresión de diseños para sublimado

Realizan el diseño gráfico de las prendas: colores, logotipos, formas personalizadas por el cliente, el diseño es computarizado en diseños de tallas predeterminados que son impresos en papel para sublimación.

b) Setup y montaje del equipo.

Después de terminar el corte de las prendas se envían al área de sublimado para el estampado por sublimación, en este instante el operador prepara el equipo regulando el tiempo 30 segundos y temperatura 205 °C.

c) Operación de sublimado

Monta las prendas cortadas y las empareja con los diseños impresos en el equipo de sublimado, ejecuta la operación de estampado y desmonta las prendas sublimadas para llevarlas al área de confección, previa inspección del producto.

4.3.4.- Fase de verificación de estándares y acabado

a) Deshilachado de residuos

Las prendas terminadas pasan por deshilachado, en el que se separa los residuos de hilos que pudiesen haberse quedado en la prenda.

b) Planchado

En esta operación se debe tener cuidado con la temperatura, para que no pueda dañar a la tela y al estampado, sublimado o engomado según el caso.

c) Doblado y etiquetado

Se realiza el etiquetado y doblado de las prendas.

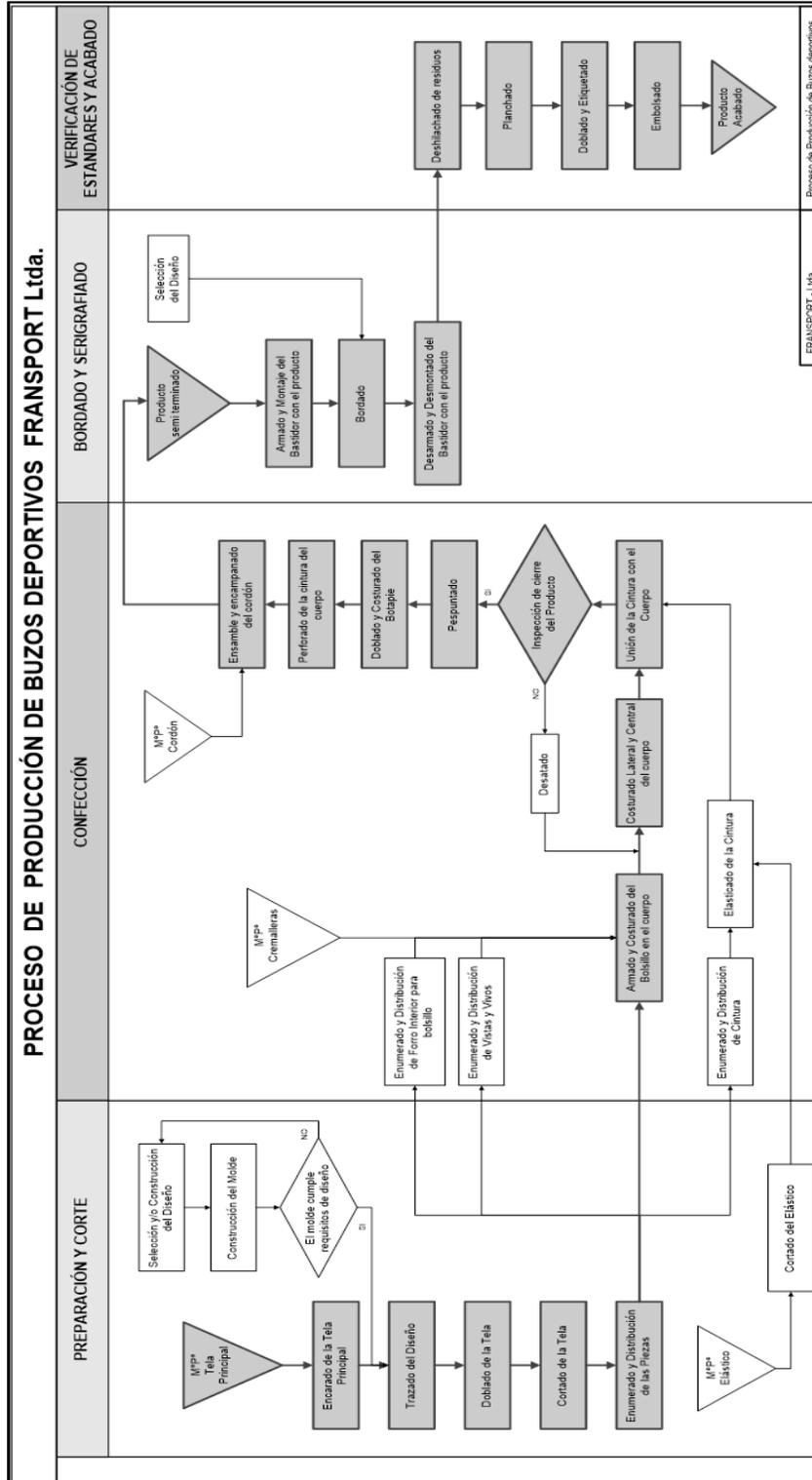
d) Embolsado

El embolsado se realiza después de tener la prenda ya doblada y etiquetada.

e) Almacenado del producto acabado

Ya terminado y embolsado el producto es transportado al almacén de productos acabados para su posterior distribución a la sucursal de donde se originó el pedido.

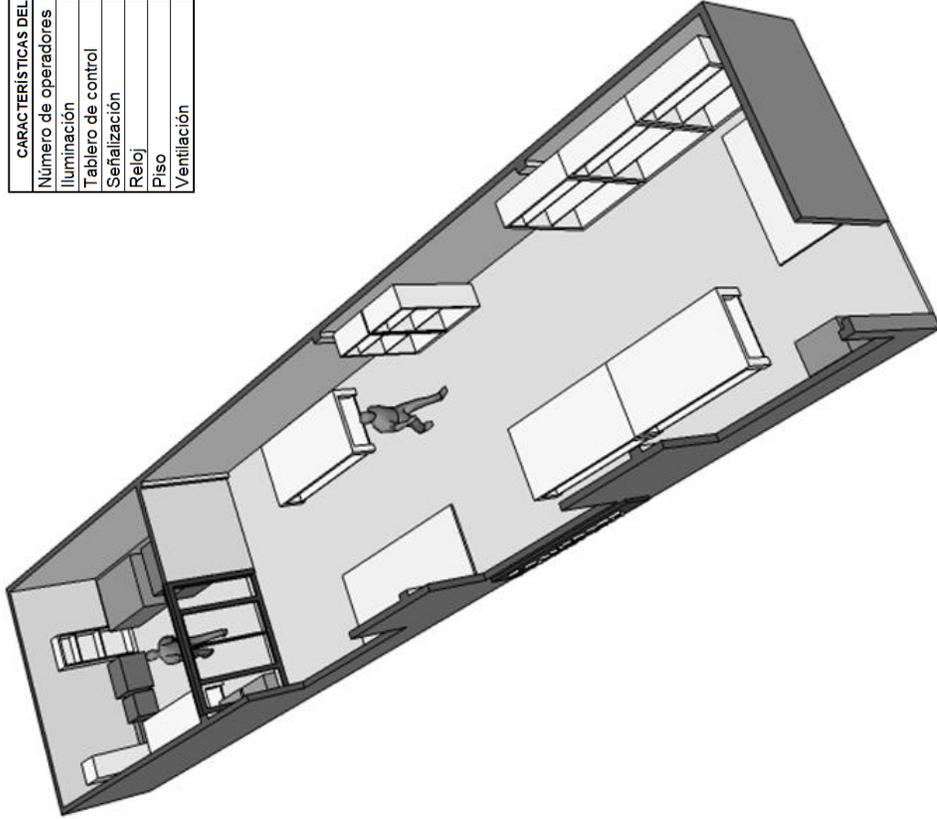
Figura 17.
 Mapeo del Proceso FRANSFORT

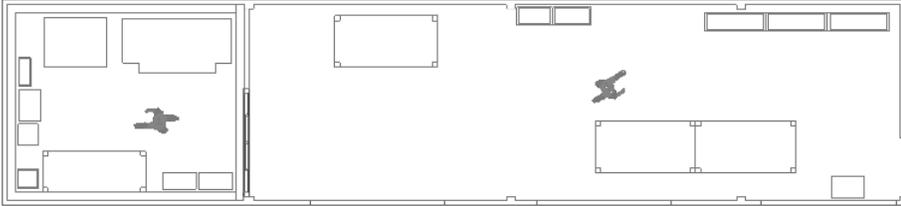


Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

4.4. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA FRANSPORT

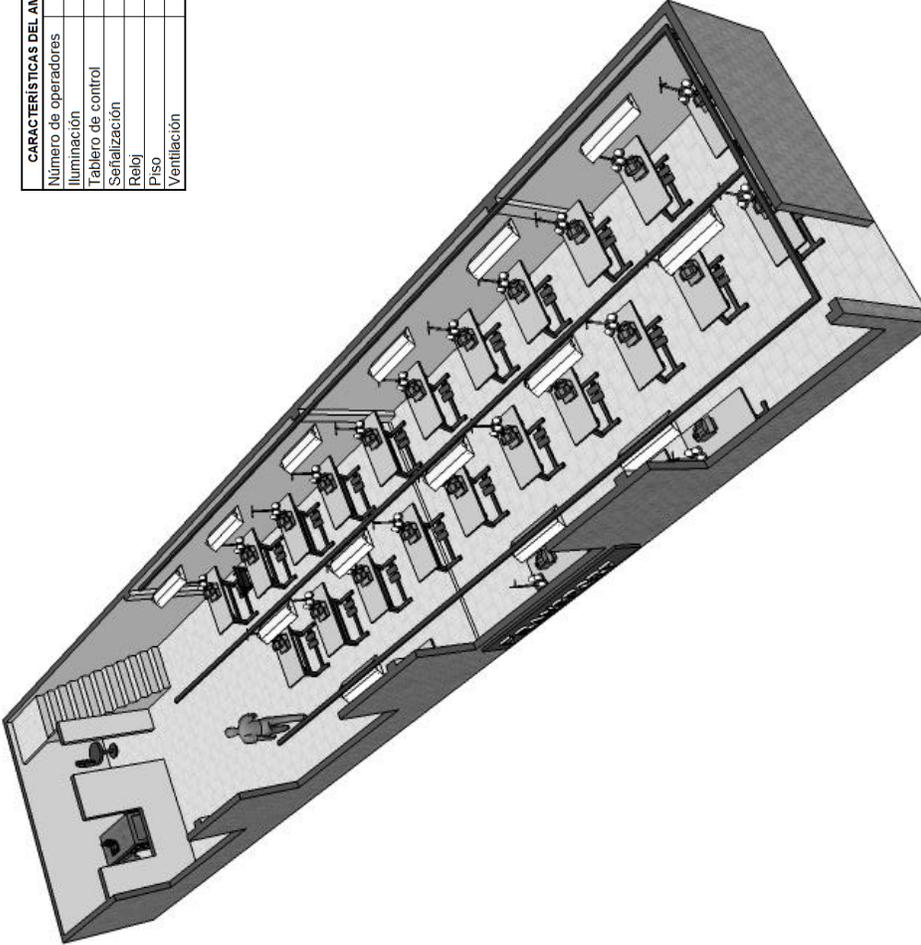
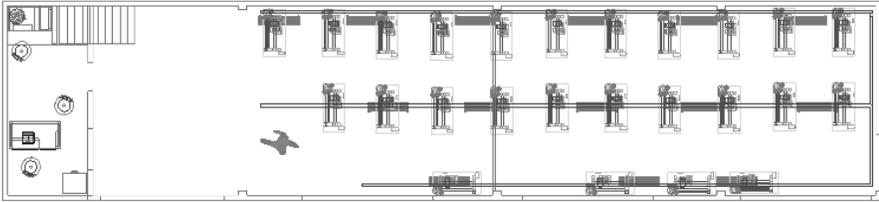
CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	
Número de operadores	3
Iluminación	Buena
Tablero de control	No existe
Señalización	No existe
Reloj	No existe
Piso	Azulejo
Ventilación	Buena





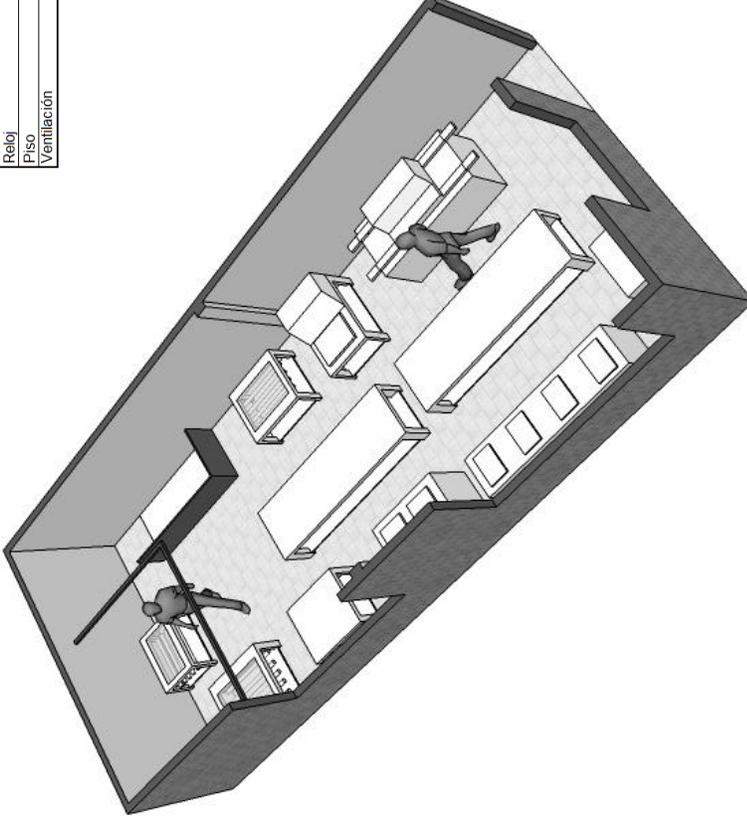
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA / PLANTA BAJA	
<p>Proyecto de Investigación: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO</p>	<p>No de Plano: 1 de 3</p>
<p>Equipo de Investigadores: Ing. Walter Jacinto Yucra Univ. Brayan Mamani Cruz Univ. Juan Javier Cerdano Lluta</p>	

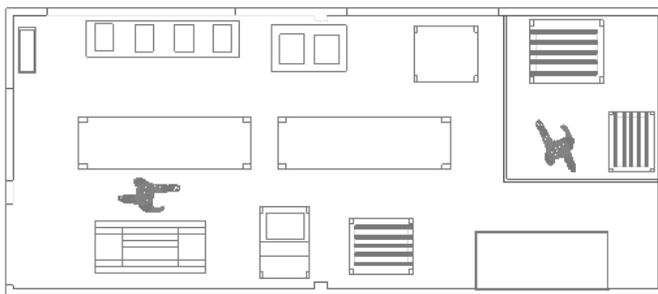


<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número de operadores</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Iluminación</td> <td>Buena</td> </tr> <tr> <td>Tablero de control</td> <td>No existe</td> </tr> <tr> <td>Señalización</td> <td>No existe</td> </tr> <tr> <td>Relejo</td> <td>No existe</td> </tr> <tr> <td>Piso</td> <td>Azulejo</td> </tr> <tr> <td>Ventilación</td> <td>Buena</td> </tr> </tbody> </table>	CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE		Número de operadores	7	Iluminación	Buena	Tablero de control	No existe	Señalización	No existe	Relejo	No existe	Piso	Azulejo	Ventilación	Buena		<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">DISTRIBUCIÓN DE PLANTA / PLANTA BAJA</td> </tr> <tr> <td> Proyecto de Investigación: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSFORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO </td> <td> Equipo de Investigadores: Ing. Walter Jacinto Yucra Univ. Brayan Mamani Cruz Univ. Juan Javier Cerdano Lluta </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">No de Plano:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">1 de 3</td> </tr> </table>	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA / PLANTA BAJA		Proyecto de Investigación: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSFORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO	Equipo de Investigadores: Ing. Walter Jacinto Yucra Univ. Brayan Mamani Cruz Univ. Juan Javier Cerdano Lluta	No de Plano:		1 de 3	
CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE																										
Número de operadores	7																									
Iluminación	Buena																									
Tablero de control	No existe																									
Señalización	No existe																									
Relejo	No existe																									
Piso	Azulejo																									
Ventilación	Buena																									
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA / PLANTA BAJA																										
Proyecto de Investigación: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSFORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO	Equipo de Investigadores: Ing. Walter Jacinto Yucra Univ. Brayan Mamani Cruz Univ. Juan Javier Cerdano Lluta																									
No de Plano:																										
1 de 3																										
																										

**METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM"
CASO: FRANSFORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO**

CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	
Número de operadores	2
Iluminación	Buena
Tablero de control	No existe
Señalización	No existe
Reloj	No existe
Piso	Azulejo
Ventilación	Medía





DISTRIBUCIÓN DE PLANTA / PLANTA BAJA		
	Proyecto de Investigación: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPORT PYME TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO	Equipo de investigadores: Ing. Walter Jacinto Yucra Univ. Brayan Mamani Cruz Univ. Juan Javier Cerdano Lluta
		No de Plano: 1 de 3

4.5.- APLICACIÓN DEL METODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

4.5.1.- Lluvia de ideas para identificar causas a un problema

Se realiza una entrevista grupal con personal administrativo, gerencia general de FRANSPOORT y el equipo de investigación del proyecto de la UPEA en instalaciones de la empresa, participaron de la reunión:

Figura 18.
Participación entrevista grupal en Instalaciones de FRANSPOORT

PARTICIPANTES	ENTIDAD	CARGO
Franz Chavez Bautista	FRANSPOORT	Gerente General
Christian Chavez	FRANSPOORT	Responsable de Producción
Walter Jacinto Yucra	Ing. Producción Empresarial - UPEA	Docente Investigador
Brayan Mamani Cruz	Ing. Producción Empresarial - UPEA	Auxiliar de Investigación
Juan J. Cerdano Lluta	Ing. Producción Empresarial - UPEA	Auxiliar de Investigación

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

“Por solicitud del Gerente General de FRANSPOORT, Franz Chavez Bautista el estudio específico se centrará en el área de SUBLIMADO, por ser el principal cuello de botella de todo el sistema de producción de la empresa”.

Sobre esta solicitud es que se trabaja para generar las principales causas de improductividad en el área de SUBLIMADO de la empresa que termina afectando a la productividad del sistema de producción.

A continuación, se presenta el cuadro de lluvia de ideas generado en la entrevista grupal, se dio oportunidad a todos los miembros involucrados en el problema, opinar o sugerir, sobre las causas raíz, un plan de mejoramiento u otro aspecto a mejorar, y así se aprovecha la capacidad y creatividad de todos los participantes.

El problema foco o efecto identificado es: **“Improductividad del Sistema de Producción”**

Figura 19.
Lluvia de Ideas, FRANSPORT



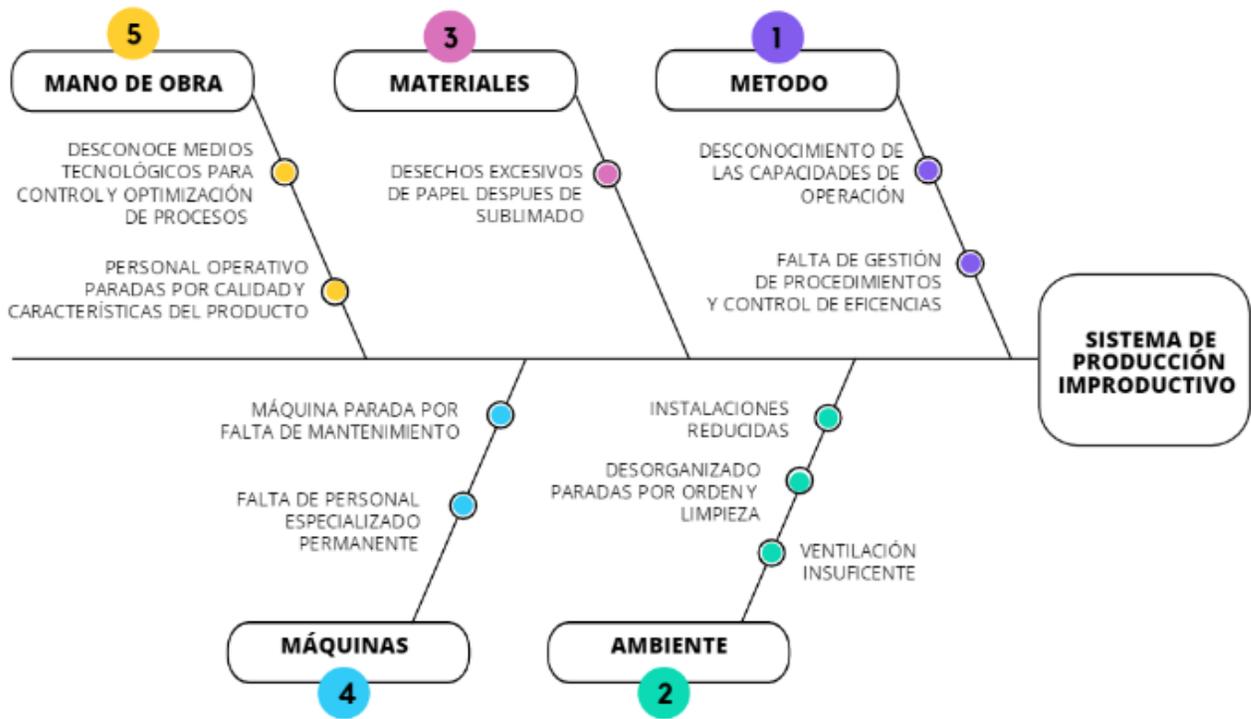
Fuente: Elaboración propia con representación de FRANSPORT y la UPEA, noviembre 2022

4.5.2.- Diagrama de Causa – Efecto

Después de realizada la lluvia de ideas de las causas del problema “*Improductividad del Sistema de Producción*” se prosigue con la organización de la información y construcción del Diagrama de Causa y Efecto.

Las ideas y conceptos generados en la lluvia de ideas en este paso guiarán la selección de las causas de raíz. Es importante que solamente causas, y no soluciones del problema sean identificadas.

Figura 20.
Diagrama de Causa Efecto, FRANSPOORT



Fuente: Elaboración propia con representación de FRANSPOORT y la UPEA, noviembre 2022

4.5.3.- Diagrama de Pareto

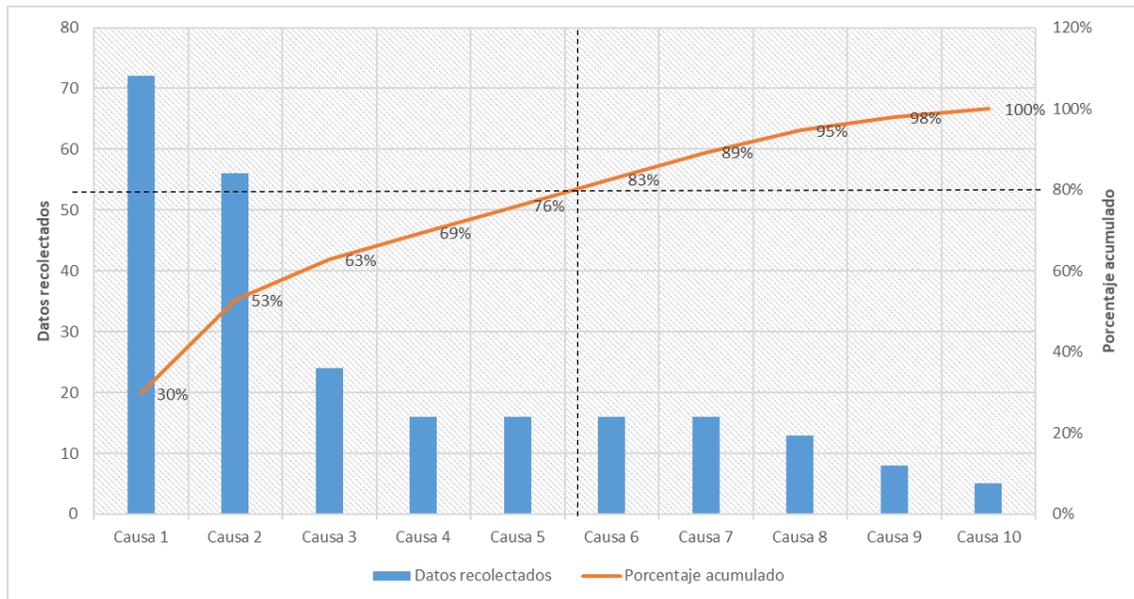
La herramienta de Pareto nos ayuda a encontrar las causas que generan los efectos o problema, para el caso de FRANSPOORT, “*Improductividad del Sistema de Producción*”, de esta manera podremos encontrar que ocasiona el fallo, y así atacarlo directamente y lograr la calidad del producto.

Para poder detectar las frecuencias de ocurrencia para cada concepto (causa), se realizó 8 visitas técnicas a las instalaciones, registrando 9 observaciones por visita.

Figura 21.
Diagrama de Pareto: Ponderación de Causas Raíz

Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados
Desconocimiento de las capacidades	16
Falta de gestión de procedimientos y control de eficiencias	8
Desconoce medios tecnológicos para control de procesos	16
Desechos excesivos de papel después de sublimado	16
Paradas por calidad y características del producto	13
Máquina parada por falta de mantenimiento	24
Falta de personal especializado en mantenimiento permanente	5
Instalaciones reducidas	72
Desorganización del área de trabajo (orden y limpieza)	16
Ventilación insuficiente	56

ID en gráfico	Posición real (Causas y datos ordenados)		Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Causa 1	1	Instalaciones reducidas	72	30%	30%
Causa 2	2	Ventilación insuficiente	56	23%	53%
Causa 3	3	Máquina parada por falta de mantenimiento	24	10%	63%
Causa 4	4	Desconocimiento de las capacidades	16	7%	69%
Causa 5	5	Desconoce medios tecnológicos para control de procesos	16	7%	76%
Causa 6	6	Desechos excesivos de papel después de sublimado	16	7%	83%
Causa 7	7	Desorganización del área de trabajo (orden y limpieza)	16	7%	89%
Causa 8	8	Paradas por calidad y características del producto	13	5%	95%
Causa 9	9	Falta de gestión de procedimientos y control de eficiencias	8	3%	98%
Causa 10	10	Falta de personal especializado en mantenimiento permanente	5	2%	100%



Fuente: Elaboración propia con representación de FRANSPORT y la UPEA, noviembre 2022

Se puede concluir que se debe atacar al 20% de las causas raíz que representan el 80% de los problemas del área de SUBLIMADO en el sistema productivo de FRANSPOORT.

Las causas raíz por orden de prioridad que se debe atacar son:

- ✓ Instalaciones reducidas
- ✓ Ventilación insuficiente
- ✓ Máquina parada por falta de mantenimiento
- ✓ Desconocimiento de las capacidades
- ✓ Desconocimiento de medios tecnológicos para el control de procesos

4.6.- APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAW, A.M. & KELTON, D.W.

La metodología de Law y Kelton, propone diez etapas generales para construir modelos de simulación las cuales se presentan a continuación:

4.6.1.- Definición del Problema

Toda simulación comienza con un problema bien determinado que puede ser proporcionado por la empresa o planteado por el analista.

“Por solicitud del Gerente General de FRANSPOORT, Franz Chavez Bautista el estudio específico se centrará en el área de SUBLIMADO, por ser el principal cuello de botella de todo el sistema de producción de la empresa”.

El problema foco o efecto identificado es: **“Improductividad del Sistema de Producción”**

4.6.2.- Recolección de los datos del sistema

En esta etapa se recolectan los datos relevantes, como tiempos de proceso, número de empleados, velocidades de las máquinas, las cuales van a ser utilizadas para construir el modelo de simulación.

Para el registro y evaluación de los datos recolectados se aplica el diseño de herramientas, se hace el uso de la planilla parametrizada: “Diseño de Diagrama Analítico del Proceso”.

4.6.3.- Análisis estadístico de los datos recolectados del sistema

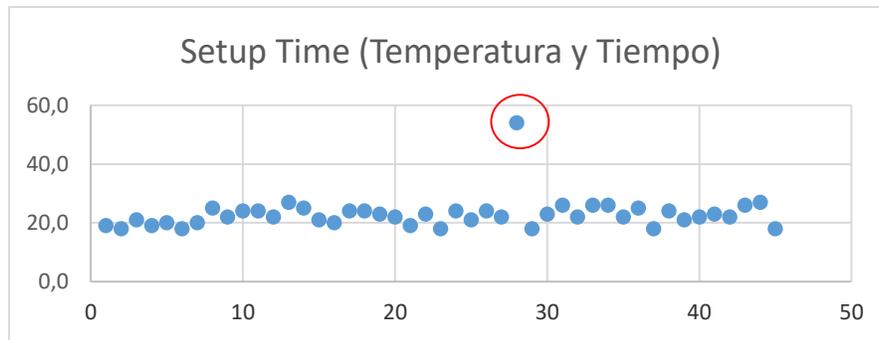
Para el análisis de dispersión los datos de tiempo las actividades de SUBLIMADO se ordenan por columna y realiza el análisis por actividad.

n	Horario	SETUP TIME		TIEMPOS DE LA OPERACIÓN DE SUBLIMADO					
		Setup Time (Temperatura y Tiempo)	Verifica orden de pedido (prendas vs suministros)	Coloca la prenda a sublimar	Coloca el papel de sublimado	SUBLIMADO	Retira papel de sublimado	Retira prenda sublimada	Inspección de la prenda sublimada
1	08:00	19,0	56,0	23,0	24,0	34,0	5,0	5,0	4,0
2	08:00	18,0	45,0	20,0	24,0	36,0	3,0	6,0	6,0
3	08:00	21,0	60,0	23,0	24,0	32,0	3,0	3,0	6,0
4	08:00	19,0	46,0	19,0	29,0	34,0	3,0	5,0	6,0
5	08:00	20,0	58,0	19,0	28,0	35,0	4,0	4,0	5,0
6	09:00	18,0	69,0	26,0	26,0	32,0	4,0	4,0	5,0
7	09:00	20,0	63,0	19,0	29,0	35,0	5,0	4,0	4,0
8	09:00	25,0	35,0	24,0	25,0	33,0	4,0	4,0	4,0
9	09:00	22,0	48,0	26,0	25,0	32,0	4,0	3,0	5,0
10	09:00	24,0	61,0	26,0	27,0	33,0	3,0	5,0	6,0
11	10:00	24,0	45,0	21,0	25,0	32,0	4,0	5,0	6,0
12	10:00	22,0	76,0	23,0	24,0	35,0	3,0	4,0	6,0
13	10:00	27,0	45,0	24,0	25,0	35,0	3,0	4,0	4,0
14	10:00	25,0	64,0	24,0	24,0	36,0	4,0	5,0	6,0
15	10:00	21,0	63,0	22,0	26,0	32,0	5,0	5,0	4,0
16	11:00	20,0	56,0	22,0	27,0	36,0	3,0	3,0	5,0
17	11:00	24,0	65,0	21,0	28,0	33,0	5,0	3,0	4,0
18	11:00	24,0	73,0	19,0	28,0	32,0	3,0	5,0	4,0
19	11:00	23,0	83,0	21,0	35,0	35,0	3,0	3,0	6,0
20	11:00	22,0	68,0	22,0	28,0	35,0	5,0	5,0	6,0
21	12:00	19,0	75,0	26,0	25,0	33,0	5,0	5,0	5,0
22	12:00	23,0	51,0	19,0	26,0	33,0	4,0	3,0	5,0
23	12:00	18,0	70,0	25,0	24,0	32,0	5,0	6,0	5,0
24	12:00	24,0	63,0	25,0	25,0	34,0	3,0	6,0	5,0
25	12:00	21,0	73,0	24,0	28,0	35,0	3,0	4,0	6,0
26	14:00	24,0	51,0	20,0	27,0	34,0	3,0	6,0	6,0
27	14:00	22,0	58,0	25,0	27,0	33,0	4,0	5,0	5,0
28	14:00	54,0	50,0	50,0	38,0	34,0	5,0	3,0	5,0
29	14:00	18,0	66,0	25,0	24,0	35,0	5,0	4,0	5,0
30	14:00	23,0	59,0	22,0	25,0	36,0	5,0	3,0	5,0
31	15:00	26,0	68,0	19,0	24,0	36,0	4,0	6,0	6,0
32	15:00	22,0	40,0	26,0	28,0	33,0	3,0	5,0	4,0
33	15:00	26,0	48,0	25,0	27,0	36,0	5,0	4,0	5,0
34	15:00	26,0	39,0	25,0	28,0	33,0	4,0	3,0	6,0
35	15:00	22,0	45,0	25,0	25,0	34,0	4,0	4,0	5,0
36	16:00	25,0	54,0	25,0	27,0	33,0	4,0	4,0	4,0
37	16:00	18,0	51,0	25,0	4,0	32,0	5,0	6,0	6,0
38	16:00	24,0	74,0	22,0	28,0	35,0	4,0	5,0	6,0
39	16:00	21,0	83,0	39,0	29,0	33,0	3,0	3,0	4,0
40	16:00	22,0	44,0	20,0	42,0	33,0	4,0	5,0	4,0
41	17:00	23,0	45,0	20,0	28,0	36,0	5,0	3,0	5,0
42	17:00	22,0	60,0	20,0	26,0	35,0	5,0	5,0	6,0
43	17:00	26,0	48,0	23,0	29,0	34,0	3,0	4,0	5,0
44	17:00	27,0	480,0	23,0	28,0	33,0	4,0	3,0	4,0
45	17:00	18,0	57,0	22,0	27,0	33,0	3,0	5,0	5,0
Promedio		22,9	58,0	23,6	26,7	33,9	4,0	4,3	5,1

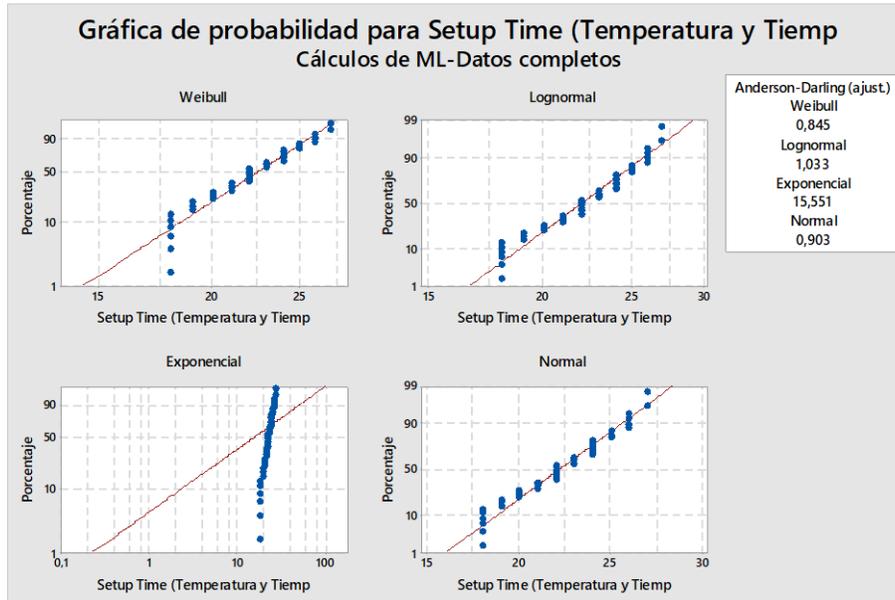
Posteriormente los datos ordenados se analizan con el propósito de conocer con que distribución de probabilidad se comporta el conjunto de los datos. Para poder realizar esta identificación, se emplea el estadístico Anderson-Darling con un nivel de significancia de 0.05.

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 1: Setup Time de la Sublimadora

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



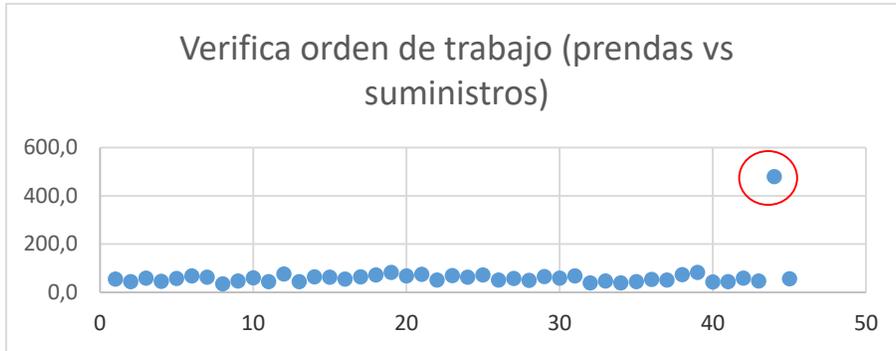
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN WEIBULL**



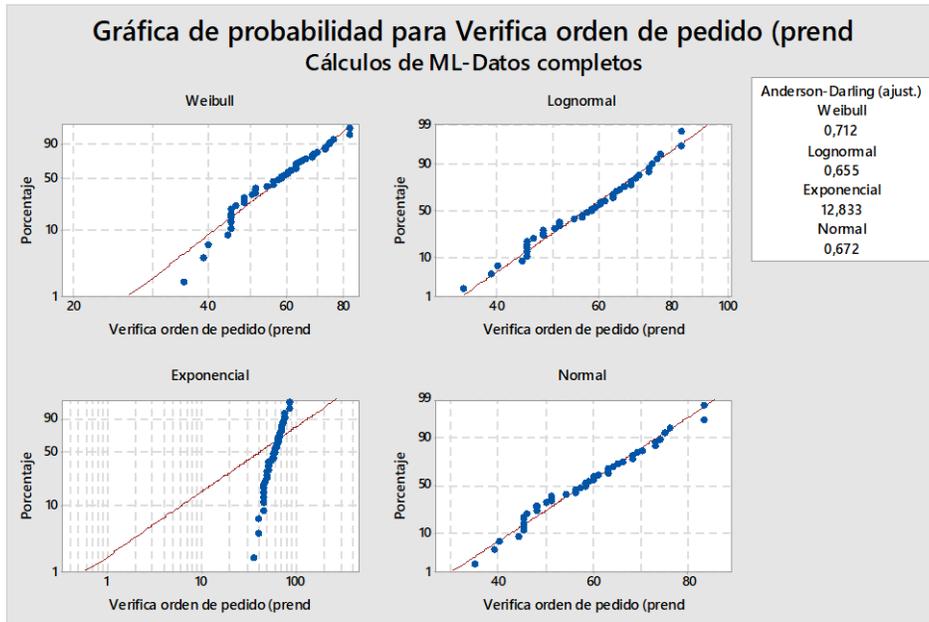
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 2: Verifica orden de pedido

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



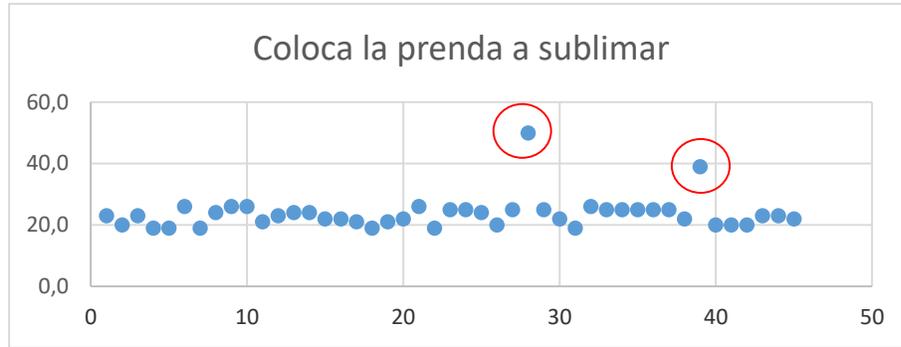
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL**



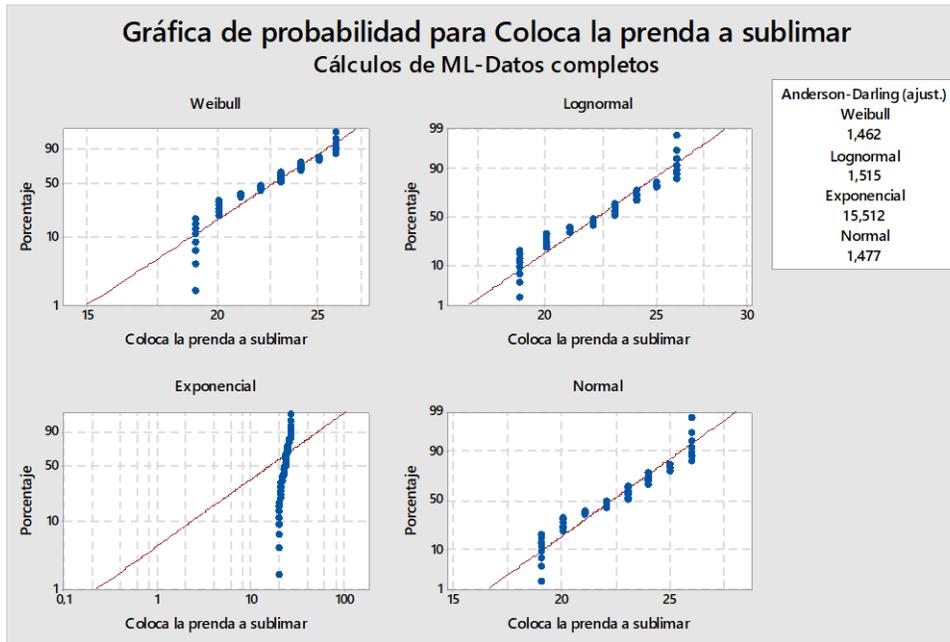
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 3: Coloca la prenda a sublimar

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



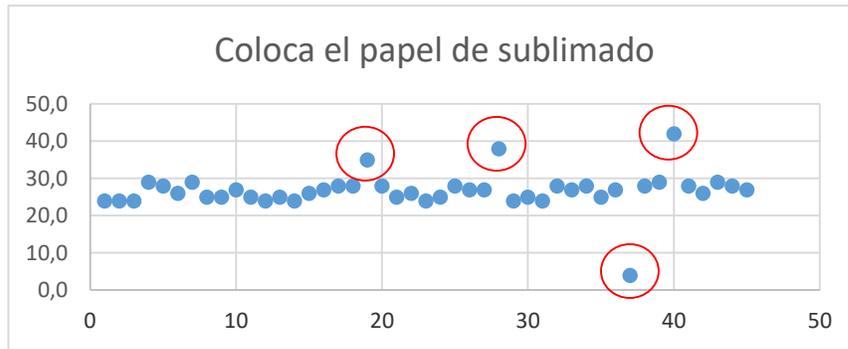
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN WEIBULL**



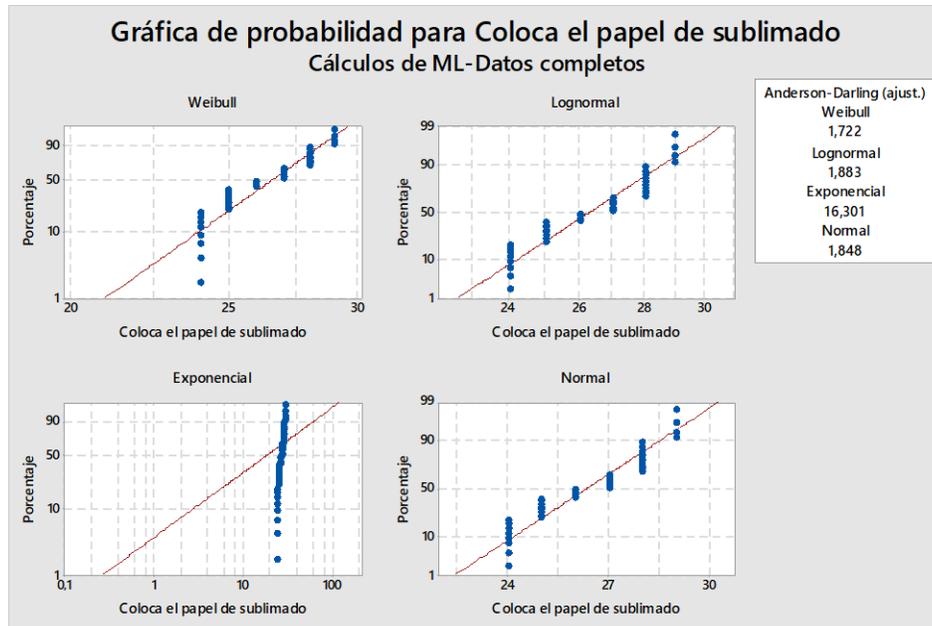
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 4: Coloca papel de sublimado

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



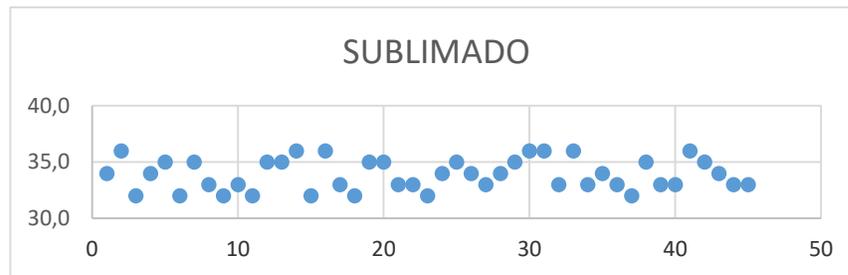
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN NORMAL**



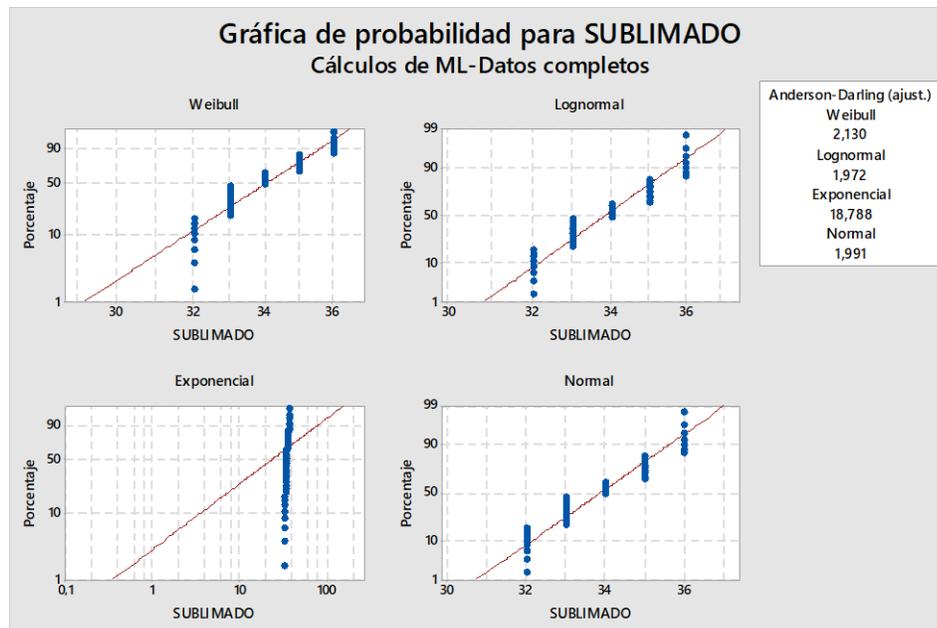
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 5: Sublimado

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



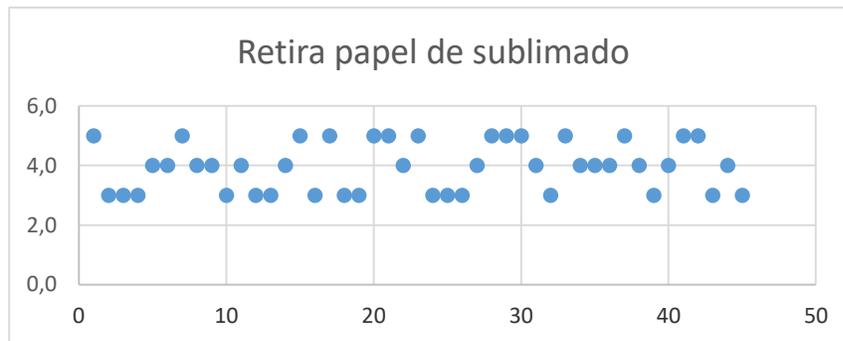
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN NORMAL**



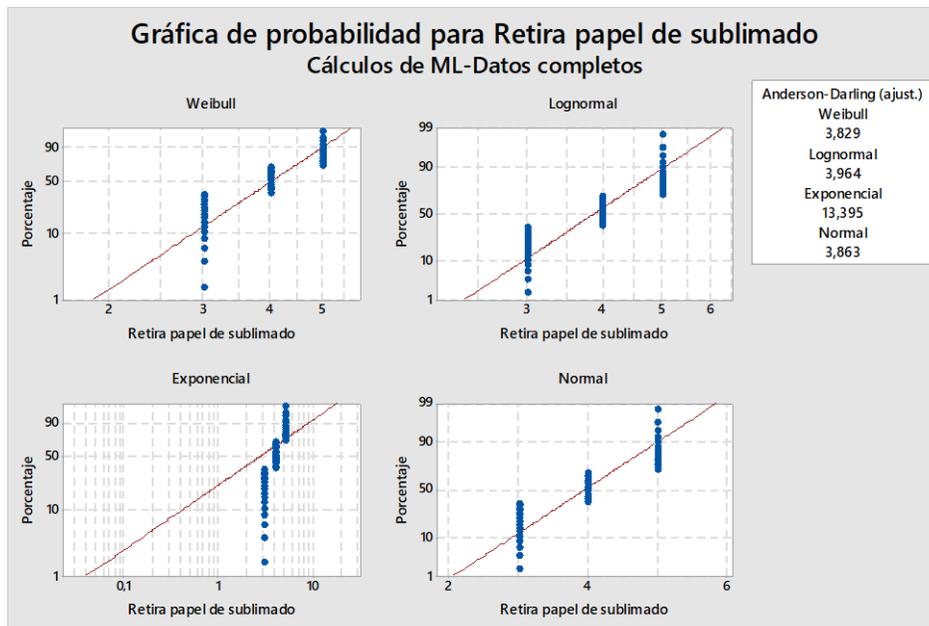
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 6: Retira papel de sublimado

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



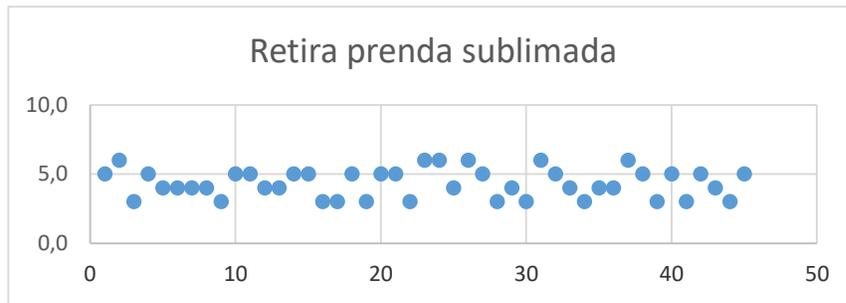
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN NORMAL**



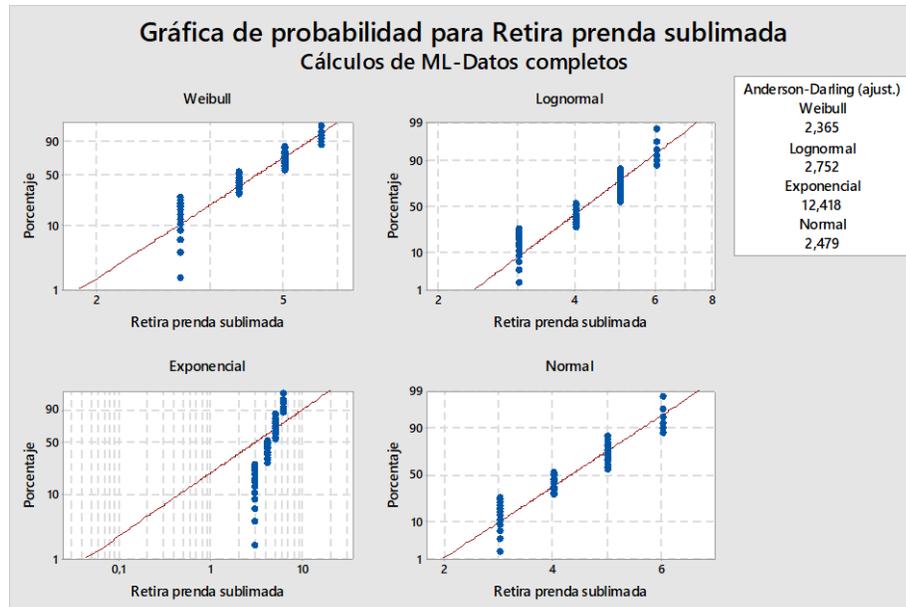
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 7: Retira prenda sublimada

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



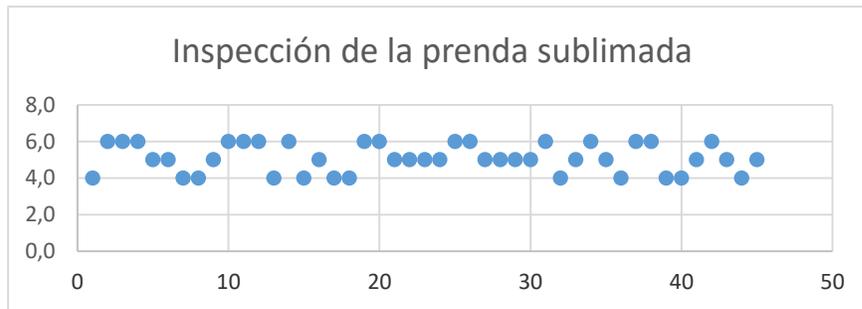
Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN WEIBULL**



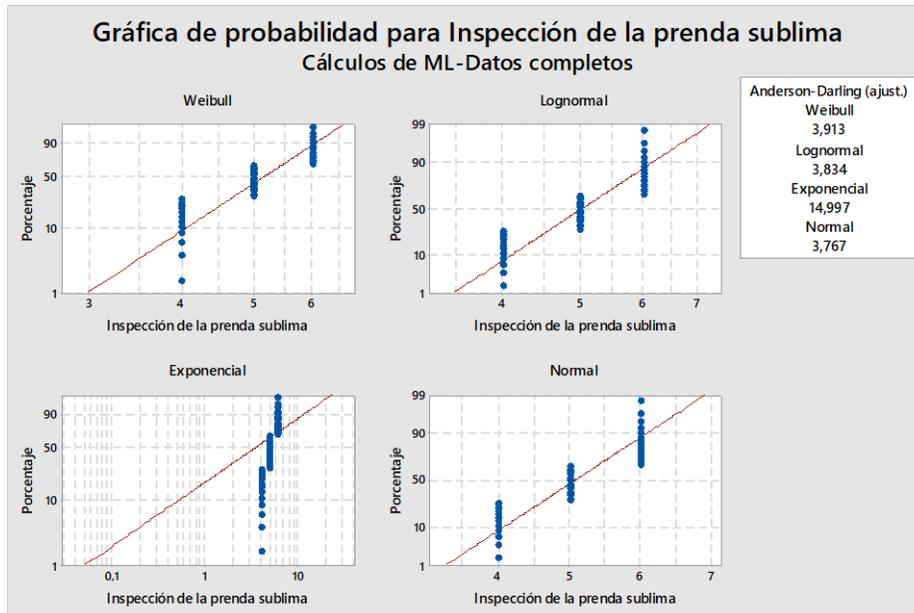
Software empleado: MINITAB

AREA: SUBLIMADO
ANALISTA: Walter Jacinto Yucra
ACTIVIDAD 8: Inspección de la prenda sublimada

Análisis de dispersión: Eliminación de datos errados debido a fenómenos exógenos a la operación:



Análisis de ID de distribución de Probabilidad de la Actividad: **DISTRIBUCIÓN NORMAL**



Software empleado: MINITAB

4.6.4.- Medidas de desempeño

Se establecen las variables de desempeño Las cuales se evalúan con el fin de conocer cuan eficiente es el sistema.

	Variable Dependiente	Variable Independiente
Exógena	PYMES de la ciudad de El Alto	Metodología moderna de optimización de sistemas de producción basado en el software FLEXSIM
Endógena	Productividad (Número de productos)	Tiempo horario

Medida de desempeño: Cantidad de productos por turno

Turno: 8 hrs

No de operadores: 1

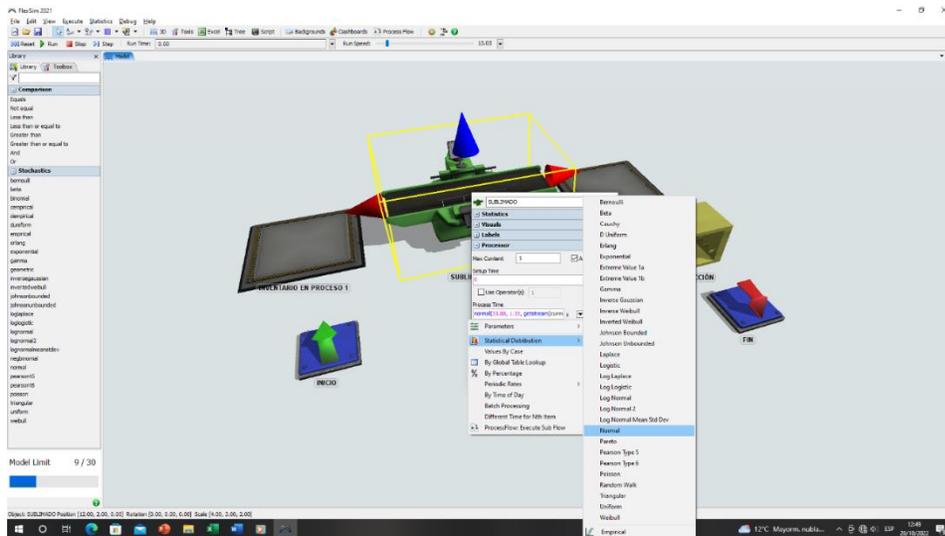
4.6.5.- Construcción del Modelo de Simulación: Se debe tener conocimiento del software de simulación, con el cual se construirá el modelo de simulación.

Software de simulación de procesos: FLEXSIM

Versión: Gratuita, año 2022

Fuente: www.flexsim.com

Figura 23.
Construcción del modelo en el software FLEXSIM



Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

4.6.6.- Validación del Modelo de simulación.

El resumen de los parámetros estadísticos del análisis de las actividades del área de sublimado se presenta a continuación:

Figura 24.
Parámetros obtenidos en MINITAB de las Actividades de SUBLIMADO

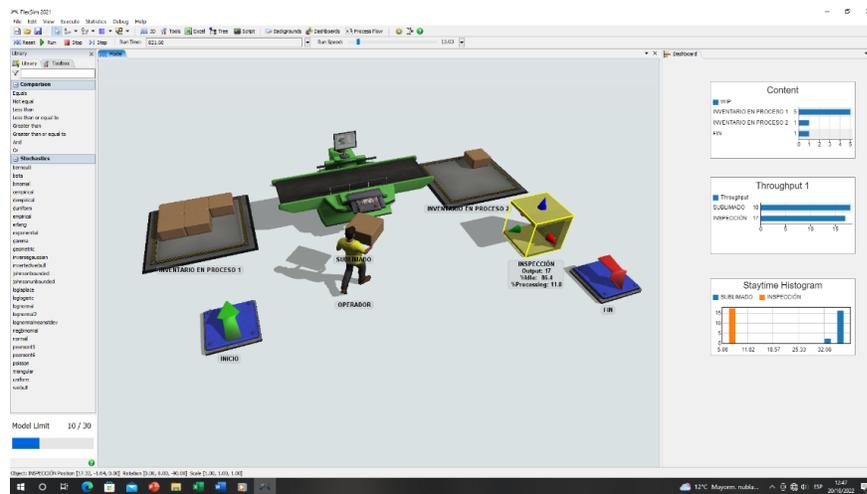
PARAMETROS OBTENIDOS EN MINITAB						
ACTIVIDAD	DISTRIBUCIÓN	MEDIA	DESV. STD.	FORMA	ESCALA	UBICACIÓN
Actividad 1	WEIBULL	22,22	2,65	5,47	17,38	N/A
Actividad 2	LOGNORMAL	57,99	12,22	N/A	0,21	4,03
Actividad 3	WEIBULL	22,34	2,62	10,26	23,4	N/A
Actividad 4	NORMAL	26,36	1,82	N/A	N/A	N/A
Actividad 5	NORMAL	33,88	1,35	N/A	N/A	N/A
Actividad 6	NORMAL	3,96	0,82	N/A	N/A	N/A
Actividad 7	WEIBULL	4,33	1,02	4,84	4,7	N/A
Actividad 8	NORMAL	5,08	0,78	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

4.6.7.- Experimentación

Con la experimentación se realiza los ajustes y correcciones en detalle al modelo de simulación del proceso de Sublimado. Es importante señalar que para la simulación se trabaja con el LayOut del área de SUBLIMADO, y con los parámetros obtenidos del análisis estadístico de las actividades de esta área.

Figura 25.
Experimentación del modelo de Simulación



Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

4.6.8.- Alternativas de Mejora o Modelo Alternativo y Resumen de Resultados

Las alternativas de mejoras son las propuestas de los cambios al sistema, para después compararse con el modelo original u otros modelos para seleccionar el mejor.

Figura 26.
Presentación de Alternativas y Resultados

	Observado Cap. Actual (und/Turno)	Modelo de Simulación Cap. Actual (und/Turno)	Descripción	Mejora
Metodo Actual	24	25 - 26	Instalaciones actuales y métodos actuales de trabajo.	0
Alternativa 1	N/A	28	Realizando movimientos de distribución de los equipos en las instalaciones actuales	14,0%
Alternativa 2	N/A	46	Realizando movimientos de LayOut a nuevas instalaciones	47,8%
Alternativa 3	N/A	96	Aplicación de herramientas de Ingeniería de Métodos y dando solución a las causas raíz identificados con el método de resolución de problemas.	75,0%
			Realizando movimientos de LayOut a nuevas instalaciones.	

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES

Se desarrolla la aplicación metodológica moderna de la simulación de procesos de manufactura y sistemas de producción según la metodología de (Law, A. M. y Kelton, D. W. (2000) Simulation Modeling and Analysis.) y se demuestra la eficiencia de la metodología con la aplicación del software Flexsim en el sistema productivo de FRANSPOYR PYME textil confección de la ciudad de El Alto.

Se debe tomar en cuenta las recomendaciones (CAPÍTULO VI, pág. 69) a momento de realizar un estudio de simulación de procesos de manufactura en sistema de producción.

En el marco de las actividades desarrolladas en la empresa PYME FRANSPOYR de la ciudad de El Alto, se realizó un taller de actualización, capacitación en simulación de procesos de manufactura, manejo del software FLEXSIM y presentación de los productos del trabajo, cuyos resultados fueron los siguientes:

- ✓ *“Por solicitud del Gerente General de FRANSPOYR, Franz Chavez Bautista el estudio específico se centrará en el área de SUBLIMADO, por ser el principal cuello de botella de todo el sistema de producción de la empresa”.*
- ✓ El problema foco o efecto identificado es: **“Improductividad del Sistema de Producción”**.
- ✓ Se identifican las causas raíz para el problema foco o efecto identificado.
 - Instalaciones reducidas.
 - Ventilación insuficiente.
 - Máquina parada por falta de mantenimiento.
 - Desconocimiento de las capacidades.
 - Desconocimiento de medios tecnológicos para el control de procesos.

Después de aplicar la metodología de Simulación de Procesos de Manufactura se obtienen los siguientes resultados:

- ✓ La capacidad actual **observada** es de 24 unidades por turno de trabajo de 8 hrs, bajo la ausencia de procedimientos y herramientas de mejora de métodos de trabajo.
- ✓ La capacidad actual según el **modelo de simulación** es de 25 a 26 unidades por turno de trabajo de 8 hrs, bajo la ausencia de procedimientos y herramientas de mejora de métodos de trabajo. Este dato es muy importante para la validación práctica del modelo de simulación, existe un contraste coherente con la situación real, cabe resaltar que al mismo se le puede ajustar para representar en equivalencia al sistema real.
- ✓ Realizando movimientos de distribución de los equipos en las instalaciones actuales, el modelo de simulación muestra una mejora en la productividad del 14%, con una capacidad de 28 unidades por turno de trabajo. Aun así, no se realizan mejoras de las causas raíz de la improductividad del sistema de producción de FRANSFORT.
- ✓ Realizando movimientos de LayOut a nuevas instalaciones que se encuentran en proceso de construcción, el modelo de simulación muestra una mejora en la productividad del 47,8%, con una capacidad de 46 unidades por turno de trabajo. Aun así, no se realizan mejoras de las causas raíz de la improductividad del sistema de producción de FRANSFORT.
- ✓ Realizando movimientos de LayOut a nuevas instalaciones que se encuentran en proceso de construcción y se aplica herramientas de Ingeniería de métodos dando solución a las causas raíz de la improductividad del sistema de producción de FRANSFORT el modelo de simulación muestra una mejora en la productividad del 75,0%, con una capacidad de 96 unidades por turno de trabajo.

Con la Simulación, se pueden determinar y observar las fallas que se encuentren o se pudieran presentar en el sistema, ya que la simulación nos permite saber qué es lo que

ocurriría en un proceso al modificar una o varias variables y obtener la respuesta a las preguntas ¿Qué pasaría si...?, lo que nos permitirá obtener la mejora de resultados y hacer cualquier cambio pertinente en él.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

El hecho de elaborar y aplicar una simulación acelera la comprensión de las operaciones y del negocio, permite explicar, capacitar, mejorar y probar cualquier posible situación o cambio en el sistema. Siempre debe ir de la mano con otras herramientas como ser la Ingeniería de métodos que se complementa de forma perfecta a los estudios realizados.

Entre las recomendaciones del presente proyecto en FRANSPOORT se tiene:

- ✓ Contratar un profesional capacitado en mantenimiento de las instalaciones de FRANSPOORT como soporte de Mantenimiento de la maquinaria y equipo.
- ✓ Actualmente se viene trabajando en la construcción de las nuevas instalaciones del área de SUBLIMADO. Se espera poder contrastar los resultados del modelo de simulación con los resultados esperados cuando se tenga las instalaciones nuevas.
- ✓ Una vez aprobada la implementación del presente proyecto es de vital importancia documentar correctamente la descripción tanto de los procesos como de la forma de su ejecución teniendo como base las políticas, recomendaciones y aportes de las partes interesadas con el fin de lograr la integración de la colaboración de todas las áreas de la empresa.
- ✓ Se debe manejar un calendario de capacitación en herramientas tecnológicas de administración de la producción para la mejora continua de las operaciones, reforzar las competencias de manejo de FLEXSIM.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- FRANCY LEIDY PATIÑO ÁLZATE y ELIANA FRANCELY ORTIZ ANDRADE **(2019)**, “Implementación de prácticas de laboratorio usando Software Flexsim en cursos de Planeación de la Producción, Métodos y Tiempos, Logística y Distribución, Programación y Control de la Producción del programa de Ingeniería Industrial, Universidad Cooperativa de Colombia”, Campus Cali, Santiago de Cali, Colombia.
- VEGA ANZULES ARANCHA (2021), “Construcción de modelos de simulación en FlexSim que implementen herramientas Lean Manufacturing en una línea de ensamblaje”, Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales, Valladolid, España.
- HUGO J. MAMANI CHOQUE, DANIA R. QUISPE MAMANI, NEYDA CHURQUI CALSINA **(2021)**. “Modelo de Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing en las Unidades Productivas de Manufactura de Muebles de Madera de la Ciudad de El Alto”, Universidad Pública de El Alto, Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología, ciudad de El Alto, Bolivia.
- PINTO W.J **(2013)**, “Implementación de talleres basados en el software de simulación Flexsim para La asignatura técnica modernas de optimización”, Bucaramanga.
- WWW.FLEXSIM.COM **(1993-2022)**, “Tutorial del Simulador Flexsim”, Página oficial: FLEXSIM 3D Simulation Modeling and Analysis Software, FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS, INC. Utah 84097 USA.
- GUASCH, J. CASANOVAS, M. Á. PIERA Y J. FIGUERAS **(2004)**, Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios., Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.

- PEDRO DAVID RODAS MANTILLA **(2019)**, “Diseño del laboratorio de simulación dinámica de procesos para la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Politécnica Salesiana”. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Mecánica.
- CHARLES, HARRELL; BIMAN, GHOSH; ROYCE, BOWDEN **(2004)**, “Simulation Using Promodel”, Primera Edición, editorial McGraw-Hill, Estados Unidos.
- COSS BU, RAÚL **(2003)**, “Simulación Un Enfoque Práctico”, vigésima Edición, editorial Limusa S.A., Mexico.
- TECNICAS, I. U. **(2009)**. “Herramientas para la mejora de la calidad. Montevideo – Uruguay”: UNIT.
- GUTIÉRREZ H. Y DE LA VARA, R. **(2004)**. “Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma 6 σ ”. McGraw-Hill Interamericana. México,D.F.
- DOUGLAS STEVEN ROJAS CANDIA. **(2021)**. “Guía Simulador de Procesos Flexsim V”. Semestre II/2021. Asignatura: Ingeniería de Métodos y Laboratorio. Universidad Católica Boliviana San Pablo, La Paz, Bolivia.

ANEXOS

ANEXO 1: RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA SENAPI



Universidad Pública de El Alto

Creada por Ley 2115 del 5 de Septiembre de 2000 y Autónoma por Ley 2556 del 12 de Noviembre de 2003

ACUERDO ENTRE LA PYME FRANSPOET Y LA CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL, EN EL MARCO DEL PROYECTO: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPOET PYME TEXTIL, CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO

NOMBRE DEL PROYECTO	: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPOET PYME TEXTIL, CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO
CARRERA	: INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE) UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
BENEFICIARIO	: PYME FRANSPOET
INVESTIGADORES	: ING. WALTER JACINTO YUCRA UNIV. BRAYAN MAMANI CRUZ UNIV. JUAN JAVIER CERDANO LLUTA

1. ANTECEDENTES

La Universidad Pública de El Alto (UPEA) creada el 5 de septiembre de 2000 según Ley No. 2115 con personería jurídica y órganos de decisión internos, se consolidó como universidad plena y autónoma mediante Ley No. 2556 de 12 de noviembre de 2003 y forma parte del Sistema de Universidades de Bolivia. La UPEA institución de formación profesional en cumplimiento del rol asignado por la Constitución Política del Estado y establecido en su Estatuto Orgánico que le permite plantear políticas de integración social y proyección universitaria en el ámbito territorial es el centro de los estudios superiores de la ciudad de El Alto que tiene como misión organizar el sistema de investigación, ciencia y tecnología de forma sostenible, en la integración con los procesos de enseñanza e interacción social orientada a satisfacer las necesidades y demandas y la solución a los problemas de la institución, la región y el país con capacidad de acceder a las oportunidades de cooperación internacional.

Enmarcados en este contexto, la Dirección de Investigación de Ciencia y Tecnología DICYT en correspondencia al Estatuto Orgánico de la UPEA, es la encargada de coordinar el sistema de investigación en la UPEA y el Instituto de Investigación de las Carreras INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE); tiene catalogado en el DICYT el Proyecto titulado: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPOET PYME TEXTIL, CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO.

En la gestión académica 2022 se tiene previsto la planificación, ejecución, seguimiento y cierre del mencionado proyecto.



Universidad Pública de El Alto

Creada por Ley 2115 del 5 de Septiembre de 2000 y Autónoma por Ley 2556 del 12 de Noviembre de 2003

2. DEL OBJETO

El presente acuerdo, tiene por objeto establecer una modalidad de implementación y ejecución del proyecto: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPOY PYME TEXTIL, CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO., entre la PyME Fransport y la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial (IPE) dependiente de la Universidad Pública de El Alto (UPEA).

3. ACUERDO DE PARTES

3.1. LA CARRERA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE), POR INTERMEDIO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

- a) Se comprometen a realizar el trabajo de investigación titulado: "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM" CASO: FRANSPOY PYME TEXTIL, CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO, trabajo que se realizará en el área de proceso dentro las instalaciones de la empresa.
- b) Realizar diferentes eventos relacionado con la simulación de procesos de manufactura y su aplicación para el buen entendimiento de la metodología con profesionales entendidos en el tema y evitar vulnerabilidades que puedan surgir en la investigación.
- c) Realizar el plan trabajo sujeto a un cronograma que determine las actividades relacionadas para la investigación a realizarse entre la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial y la PYME FRANSPOY.
- d) Elaborar el mapeo del proceso de producción de la PYME FRANSPOY.
- e) Elaborar el diseño, modelado y simulación de la producción en la PYME FRANSPOY.
- f) Generar propuestas de mejora del proceso de producción a partir de los resultados obtenidos del modelo de simulación.

3.2. LA PYME FRANSPOY

- a) La empresa facilitará y autorizará el acceso a los ambientes de la empresa, a fin de facilitar el proceso de investigación para el mapeo del proceso y modelo de simulación.
- b) La Empresa convocará a los encargados para la participación de los diferentes eventos programados en base a los requerimientos de la empresa.
- c) La PYME FRANSPOY, participará de manera activa con el personal de trabajo en las diferentes actividades programadas en base a un plan consensuado.
- d) La PYME FRANSPOY, publicará los resultados del modelo de simulación y sus resultados a su personal, mediante capacitación y comunicados en la empresa.

Ambas partes declaran su intención de sistematizar las mejores experiencias resultantes del trabajo realizado, actualizando permanentemente la información generada con miras a futuras acciones conjuntas.



Universidad Pública de El Alto

Creada por Ley 2115 del 5 de Septiembre de 2000 y Autónoma por Ley 2556 del 12 de Noviembre de 2003

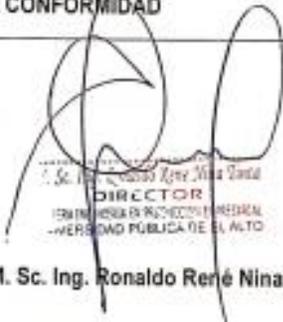
4. PLAZOS

El presente acuerdo, tendrá vigencia durante la gestión 2022, pudiendo ser ampliada, previa evaluación conjunta entre la PYME FRANSPORT y la carrera de INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE) de la Universidad Pública de El Alto (UPEA).

5. ACEPTACIÓN DE LAS PARTES

Como muestra de conformidad del acuerdo entre partes, firman los representantes de las instituciones involucradas en el presente acuerdo.

FIRMAS DE CONFORMIDAD

<p>Dirección de Carrera Ingeniería en Producción Empresarial - IPE</p>	 <p>M. Sc. Ing. Ronaldo René Nina Tinta DIRECTOR INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO</p>	
<p>Gerente General PYME FRANSPORT</p>	 <p>Sr. Franz Chávez Bautista GERENTE GENERAL PYME FRANSPORT</p>	

Es dado, en fecha 10 de junio del 2022

ANEXO3. ANEXOS DE LA INVESTIGACIÓN
ANEXO A: AREA DE PROCESO DE SUBLIMADO



**METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN
BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM™
CASO: FRANSPOY PYTEXIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO**

ANEXO B: AREA DE DISEÑO GRÁFICO E IMPRESIÓN EN SUBLIMADO



ANEXO C: ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN CON FRANSPT APLICANDO LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA, BASADO EN EL SOFTWARE FLEXSIM EN LA EMPRESA FRANSPT



ANEXO D: PARTICIPACIÓN DE ESTUDIANTES EN LA CAPACITACIÓN CON FRANSPT

LISTA DE PARTICIPANTES SEMINARIO PRESENCIAL "FLEXSIM - Software de Modelado y Análisis de Simulación en 3D, para la optimización de Procesos de Manufactura"			
APELLIDOS Y NOMBRES	CEDULA DE IDENTIDAD	SEMESTRE QUE CURSA ACTUALMENTE	CONFIRMA QUE ASISTIRÁ DE FORMA PRESENCIAL AL SEMINARIO
ALANOCA NINA LIZETH OLIVIA	13277528	SEXTO SEMESTRE	SI
Alvarado Alvarado Wara	9066531	TERCER SEMESTRE	No
Arismendi Mullisaca Mónica Valeria	8370755	SEXTO SEMESTRE	SI
Calle Ocsa Andru Jonathan	14156879	QUINTO SEMESTRE	SI
Casilla Cortez Mariela	9951103	SEXTO SEMESTRE	SI
CERDANO LLUTA JUAN JAVIER	9259539	NOVENO SEMESTRE	SI
Chiri Mazzi Efrain Max	9872637	PRIMER SEMESTRE	SI
Chirinos Gutiérrez David	9870619	SEXTO SEMESTRE	SI
CHOQUE COPA HENRY ERIK	6149414	OTRO	SI
Choque Flores Fabiola	9194739	SEXTO SEMESTRE	SI
Choque Gutiérrez Lorena	9190362 LP	SEXTO SEMESTRE	SI
Coaquira Hilari Bernardo	6004485	OTRO	SI
CONDORI RAMIREZ PATRICIA ROCIO	9905537	CUARTO SEMESTRE	SI
Cuba Mejía Giovana	13299989	NOVENO SEMESTRE	SI
ESCURRA CABRERA ESTEFANI	12731719	OTRO	SI
Fernandez Quispe Stefany Jhenny	7095300	OCTAVO SEMESTRE	SI
FLORES CHOQUE TANIA	7099101	SEXTO SEMESTRE	SI
Flores Ichuta Jhacelin Yumara	9996297	OCTAVO SEMESTRE	SI
Gutierrez Sirpa Pablo Alain	15344013	TERCER SEMESTRE	SI
Hilario apaza Edgar Cristhian	9920692	CUARTO SEMESTRE	SI
Huanca Apaza Caterin Erika	9120111	OTRO	SI
Huanca Tarquino Estefani Mishelle	9933138	TERCER SEMESTRE	SI
Ingrid Ines Huaranca Poma	3448550	OTRO	SI
Jose luis Tiñini Huanca	9104762	OTRO	SI
KAPA ROMERO ORLANDO TITO	7084415	SEGUNDO SEMESTRE	SI
Kesocala limachi Maria virginia	6763570LP	OTRO	SI
LETICIA PERCA ESQUIA	9240067	QUINTO SEMESTRE	SI
Lima Gutiérrez Marco Antonio	8293400	SEGUNDO SEMESTRE	SI
Limachi Tallacagua Martín	6051041	PRIMER SEMESTRE	SI
Machaca Mamani Reynaldo	6048122	OTRO	SI
Mamani Calle Adelaida	7317388	CUARTO SEMESTRE	SI