



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Optimización de la eficiencia productiva del proceso “ELPO” mediante
estudios de tiempos en la empresa CIAUTO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTORES:

Cristian Bladimir Arequipa Punina

Morlan Rene Sánchez Pilatasig

TUTOR:

Ing. MSc Ángel Marcelo Tello Condor

Latacunga, febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo Arequipa Punina Cristian Bladimir y Sánchez Pilatasig Morlan Rene declaro ser autores del presente proyecto de investigación: Optimización de la eficiencia productiva del proceso “ELPO” mediante estudios de tiempos en la empresa CIAUTO, siendo el Ing. Angel Marcelo Tello Condor tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



AREQUIPA PUNINA CRISTIAN BLADIMIR
C.I. 0503686206



SANCHEZ PILATASIG MORLAN RENE
C.I. 0503621757

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: "OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PROCESO "ELPO" MEDIANTE ESTUDIOS DE TIEMPOS EN LA EMPRESA CIAUTO", de Arequipa Punina Cristian Bladimir y Sánchez Pilatasig Morlan Rene de la carrera Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo del 2024

Ing. Angel Marcelo Tello Condor
CC 0501518559
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de ciencias de la ingeniería y aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Arequipa Punina Cristian Bladimir y Sanchez Pilatasig Morlan Rene con el título de Proyecto de titulación: **OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PROCESO "ELPO" MEDIANTE ESTUDIOS DE TIEMPOS EN LA EMPRESA CIAUTO** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo del 2024

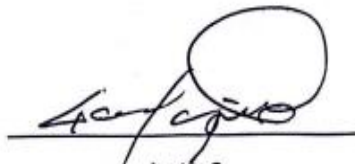
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Dr. Medardo Angel Ulloa Enriquez
CC: 1000970325



Lector 2
Ing. Msc. Diana Del Carmen Marin Velez
CC:1204144503



Lector 3
Ing. Msc. Josue Jonnatan Constante Armas
CC:0502034564

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza. En mi debilidad, encontré tu fuerza; en mi confusión, tu guía. Agradezco por la fe que me ha sostenido y por las bendiciones que han marcado este camino académico.

*A mi tutor y mentor Ing. Marcelo Tello, a quienes debo conocimientos y sabiduría. Su dedicación y apoyo han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal. Al Ing. Miguel Taípe por concedernos realizar el desarrollo de mi proyecto de tesis. **Cristian A.***

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi Dios por otorgarme la vida y bendecirme para lograr este sueño anhelado. A mis padres y a mis hermanos quienes fueron mi fortaleza, aliento y mi apoyo constante a lo largo de este viaje académico. A la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme conocimiento y sabiduría.

*Luego al director de tesis, Ing. Marcelo Tello, por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y perspectivas fueron fundamentales para dar forma a esta investigación. Al Ing. Miguel Taípe por permitirme desarrollar el proyecto de tesis en la empresa de CIAUTO. **Morlan S.***

DEDICATORIA

A mis amados padres y abuelos, cuyas enseñanzas, amor incondicional y sacrificios han sido la fuerza impulsora detrás de cada paso que he dado. Sus valores y apoyo constante han iluminado mi camino y han sido la inspiración que me ha guiado hasta este logro.

A mi querida Genith Loor, quien ha compartido cada desafío, celebración y momento de incertidumbre a lo largo de este viaje. Su paciencia, comprensión y aliento han sido mi refugio en los momentos difíciles, y su amor ha dado significado a cada logro.

*Agradezco a mi familia por ser mi ancla en las tormentas y a mi amor por ser la luz en mis días más oscuros. **Cristian A.***

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi Dios quien supo guiar mis pasos y proveer de sabiduría, conocimiento y paciencia para seguir en adelante y no ceder ante las dificultades que se presentaban.

*A mi familia en especial a mis padres quienes me formaron con respeto, honestidad y responsabilidad para cumplir con mis aspiraciones. A mis hermanos por su apoyo incondicional, su aliento, su amor y su confianza en todo momento. **Morlan S.***

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PROCESO “ELPO”
MEDIANTE ESTUDIOS DE TIEMPOS EN LA EMPRESA CIAUTO.

Autores: Cristian Bladimir Arequipa Punina
Morlan Rene Sánchez Pilatasig

RESUMEN

El proyecto de titulación se enfoca en mejorar la eficiencia productiva del proceso "ELPO" en la empresa CIAUTO a través de la implementación de estudios de tiempos. Se plantea la necesidad de llevar a cabo un estudio detallado de tiempos y movimientos con el fin de identificar y abordar los posibles cuellos de botella que están afectando la productividad en dicho proceso. La investigación se justifica por su capacidad para desarrollar estándares de ingeniería basados en prácticas comerciales aceptables y en los tiempos promedio necesarios para la realización de tareas repetitivas dentro de la empresa. Se utilizó una metodología mixta que integra métodos cualitativos y cuantitativos, evaluando la eficiencia operativa y los costos. Se espera que la implementación de este estudio permita una planificación más adecuada de la producción en la empresa CIAUTO, contribuyendo así a una mejora significativa en la eficiencia y productividad del proceso "ELPO". Además, se espera que este enfoque también tenga un impacto positivo en el desarrollo y capacitación del personal, al proporcionarles herramientas y conocimientos que les permitan desempeñar sus funciones de manera más eficiente y efectiva.

Palabra Claves: Eficiencia productiva, Proceso ELPO, Estudios de tiempos, Cuellos de botella, Productividad, Tiempos promedio, Tareas repetitivas, Eficiencia operativa, Costos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PROCESO “ELPO”
MEDIANTE ESTUDIOS DE TIEMPOS EN LA EMPRESA CIAUTO.

Autores: Cristian Bladimir Arequipa Punina

Morlan Rene Sánchez Pilatasig

ABSTRACT

The project degree is focused on improving the productive efficiency of the "ELPO" process in the CIAUTO company through the implementation of time studies. The need to carry out a detailed study of times and movements has been raised in order to identify and emphasized bottlenecks situation that are affecting productivity in the process. The research is justified by its ability to develop engineering standards based on acceptable business practices and the average times required to perform repetitive tasks within the enterprise. A mixed methodology was used that has been integrated qualitative and quantitative methods, evaluating the operational efficiency and its costs. It is expected, this study implementation will allow adequate planning of production in the CIAUTO company in a best form, thus contributing a significant improvement in the efficiency and productivity of "ELPO" process. Furthermore, it is expected that this approach will have a positive impact on the development and training of staff, by providing them tools and knowledge that allow performing their duties efficiently and effectively.

Keywords: Productive Efficiency, ELPO Process, Time Studies, Bottlenecks, Productivity, Average Times, Repetitive Tasks, Operational Efficiency, Costs.

ÍNDICE GENERAL

INFORMACIÓN GENERAL	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. EL PROBLEMA	1
1.1.1. Situación problemática	1
1.1.2. Formulación del problema	1
1.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	2
1.2.1. Beneficiarios	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. HIPOTESIS.....	4
1.5. OBJETIVOS	4
1.5.1. General.....	4
1.5.2. Específicos.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.2. BASES TEORICAS.....	8
2.2.1. Estudio de tiempos y movimientos	8
2.2.2. Objetivos del estudio de movimientos y tiempos.....	8
2.2.3. Estudio de tiempos	9
2.2.4. Cálculo del tiempo estándar	14
2.2.5. Calcular el tiempo medio	14
2.2.6. Determinar los factores de calificación	15
2.2.7. Calcular el tiempo normal	15
2.2.8. Proporcionar beneficios	16
2.3. CALCULAR EL TIEMPO ESTANDAR.....	17
2.4. DIAGRAMA DE OPERACIONES	18
2.5. OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION	19

2.6. ANÁLISIS DE CAUSAS.....	20
2.7. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	21
2.8. FORMULA DE INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD	22
3. DESAROLLO DE LA PROPUESTA.....	23
3.1. METODOLOGÍA.....	23
3.1.1. Enfoque de la modalidad.....	23
3.1.2. Tipos de modalidades aplicadas en la investigación	23
3.1.4. Variable Independiente	24
3.1.5. Variable dependiente	25
3.1.7. Levantamiento de información	25
3.2. ANÁLISIS	26
3.2.1. Descripción del proceso ELPO	26
3.2.2. Análisis de situación actual	27
3.2.3. Tiempo actual	32
3.2.4. Utilización	33
3.3. PROPUESTA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
3.3.1. Tiempo estándar	35
3.3.2. Análisis de criticidad de cargobuses.....	37
3.3.3. Análisis de propuesta de mejora.....	38
3.4. Análisis de ingresos por mejora planteada.....	41
3.5 Evaluación Técnico, Social, Ambiental, Económico.....	41
3.5.1 Evaluación Técnica.....	41
3.5.2 Evaluación Social.....	42
3.5.3 Evaluación ambiental	42
3.5.3 Evaluación económica	42
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
4.1. Conclusiones.....	44

4.2. Recomendaciones.....	45
5. BIBLIOGRAFÍA	46
6. ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Mejoramiento de la eficiencia productiva del proceso “ELPO” mediante estudios de tiempos en la empresa CIAUTO.

Tipo de Proyecto:

Trabajo de Titulación

Carrera:

Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado:

Optimización de la eficiencia productiva del proceso “Elpo” mediante estudios de tiempos en la empresa Ciauto.

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. MSc Ángel Marcelo Tello Condor

Investigador 1: Cristian Bladimir Arequipa Punina

Investigador 2: Morlan Rene Sánchez Pilatasig

Área de Conocimiento: Desarrollo de las ciencias de la ingeniería, energías alternativas, renovables, microelectrónicas y TICs.

Línea de Investigación:

Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sub-línea 1: Sistemas integrados, de producción

y operaciones para el desarrollo sostenible.

Grupos temáticos de la sub-línea:

Optimización de los procesos productivos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL PROBLEMA

1.1.1. Situación problemática

Los métodos de medición del tiempo (MTM) se puede utilizar para desarrollar estándares de ingeniería. Los métodos de medición del tiempo se basan en el concepto de que primero se debe desarrollar un método, se definieron pasos elementales y se desarrollaron tiempos estándar. La norma debe basarse sobre los tiempos promedio necesarios para que trabajadores capacitados y experimentados realicen tareas de niveles de calidad, basados en prácticas comerciales aceptables. Este enfoque es más práctico con tareas repetitivas.

En cuanto a esta investigación, la empresa CIAUTO se dedica la producción de vehículos y piezas de alta calidad. Además de fomentar el desarrollo a nivel local, provincial y nacional, también promueve el desarrollo de su personal. La organización genera los ingresos necesarios para garantizar su continuidad y desarrollo. Dentro todos los procesos productivos, comprende la planta de pintura y uno de los procesos a ser estudiados en el presente tema de tesis en el proceso “ELPO” (fondo anticorrosivo por electrodeposición).

Se identificó que es necesario aumentar la productividad en el proceso “ELPO”, ya que hay cuellos de botella que están entorpeciendo el proceso, creando demoras. Al respecto se plantea un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de optimizar este recurso, al mismo tiempo los recursos energéticos e incrementando producción diaria de vehículos. La planificación de la producción será adecuada ante incrementos productivos, por mayor demanda del mercado.

1.1.2. Formulación del problema

El proceso "ELPO" en la planta de pintura de la empresa CIAUTO, se enfrenta a cuellos de botella que están generando demoras y afectando la productividad. Para abordar este problema, se plantea la necesidad de implementar un estudio de tiempos y movimientos. Este enfoque tiene como objetivo principal optimizar el recurso tiempo, así como los recursos energéticos, y aumentar la producción diaria de vehículos. Además, la implementación de este estudio permitirá una planificación más adecuada de la producción, especialmente ante incrementos productivos debido a una mayor demanda del mercado.

La elección de los métodos de medición del tiempo se justifica por su capacidad para desarrollar estándares de ingeniería basados en prácticas comerciales aceptables y en tiempos promedio necesarios para que trabajadores capacitados y experimentados realicen tareas de niveles de calidad. Este enfoque es particularmente útil para tareas repetitivas, como las que se encuentran en el proceso "ELPO".

La implementación de un estudio de tiempos y movimientos no solo permitirá abordar los cuellos de botella y aumentar la productividad, sino que también contribuirá al desarrollo y capacitación del personal, al fomentar la eficiencia y la mejora continua en la empresa. Además, al optimizar los recursos y aumentar la producción, se garantizará la continuidad y el desarrollo de la organización, contribuyendo al crecimiento económico a nivel local, provincial y nacional.

1.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de Investigación:

Proceso "ELPO" en la empresa CIAUTO.

Campo de acción:

3310.07 Estudio de Tiempos y Movimientos

1.2.1. Beneficiarios

Directos:

- Directivos y técnicos de la empresa CIAUTO

Tabla 1 BENEFICIARIOS DIRECTOS

BENEFICIARIOS DIRECTOS	
Coordinador de mantenimiento	ING. Miguel Ángel Taipe
Supervisor del ELPO	ING. Jorgen Ninacuri
Supervisor de mantenimiento	ING. Luis Toapaxi

Indirectos:

- Operarios y Clientes

Tabla 2 BENEFICIARIOS INDIRECTOS

Operarios		
ÁREA	PROCESO	NOMINA
ELPO	Carga y descarga	3
	Sopleteo de la unidad	1
	Cubas	3
	Descarga horno ELPO	2
	Salida de GOTTER	1

1.3. JUSTIFICACIÓN

La propuesta de investigación se centra en optimizar la eficiencia productiva del proceso "ELPO" en la empresa "CIAUTO" mediante estudios de tiempos. El objetivo es verificar si la capacidad productiva actual es la adecuada, con el fin de optimizar recursos energéticos, combustible y la capacidad de producción. Para ello, se propone implementar un estudio de tiempos que aborde la problemática en el sistema productivo "ELPO" como punto principal. Este enfoque implica investigaciones y estudios previos de cada etapa del subproceso, desde la carga de unidades hasta la descarga. Al documentar cada etapa, la empresa podrá tener información precisa sobre tiempos inadecuados, tiempos muertos y el rendimiento del personal. Esto permitirá tomar decisiones argumentadas técnicamente y tecnológicamente para mejorar y optimizar los tiempos y recursos utilizados, e incrementar la eficiencia en la producción por electrodeposición "ELPO".

Dado el mercado competitivo en el que se encuentra CIAUTO, mejorar su sistema productivo puede ayudar a reducir los costos unitarios y ahorrar recursos. La estandarización de los procesos a través de este estudio permitirá una mejora organizacional y mantendrá la rentabilidad óptima de la empresa. Al trabajar de manera más eficiente y eficaz, la empresa podrá mantener su competitividad en el mercado.

1.4. HIPOTESIS

La hipótesis Nula: El estudio de tiempos permita una eficiencia productiva del proceso “ELPO” en la empresa CIAUTO igual a la actual.

La hipótesis alternativa: El estudio de tiempos permita una eficiencia productiva del proceso “ELPO” en la empresa CIAUTO diferente a la actual.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General

- Mejorar la eficiencia productiva del proceso “ELPO” mediante estudios de tiempos en la empresa CIAUTO.

1.5.2. Específicos

- Analizar la situación actual del proceso “ELPO” identificando las causas que afectan la eficiencia productiva del proceso a través de un estudio de tiempos
- Elaborar una propuesta de mejoramiento de la eficiencia productiva del proceso “ELPO” y evaluar su impacto a través de la simulación del proceso en “PROMODEL”.
- Analizar los resultados de la mejora propuesta del proceso.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Las pequeñas y medianas empresas en América Latina que emplean análisis de trabajo son más competitivas en comparación con aquellas que operan de manera empírica, enfrentando diversos problemas en su gestión productiva. Por tanto, la adecuada combinación de recursos humanos, materiales y financieros es crucial, ya que conlleva a una reducción de costos y una mejora en la calidad de los productos. Desde esta perspectiva, se puede afirmar que las empresas que implementan análisis de trabajo tienen una posición más sólida para competir, ya que su enfoque está en la eficacia empresarial. En Ecuador, el gobierno establece cambios en la matriz productiva para fomentar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible. Por ende, para que las empresas logren competitividad, es necesario mejorar los procesos de producción optimizando las condiciones en las que se lleva a cabo dicho proceso [1].

El estudio realizado por Elvis y Ismael [2] se centró en el análisis de los tiempos y movimientos asociados a la producción en la empresa textil Cotopaxi, específicamente en el proceso de tinturación de telas. El propósito principal fue examinar detalladamente los tiempos y movimientos involucrados para mejorar la eficiencia diaria de producción. Se encontró que existía una falta de comprensión real sobre la duración de las actividades, lo que resultaba en más de 8 horas para completar un ciclo de producción.

Adicionalmente, se identificaron períodos inactivos entre las etapas del proceso de tinturación de telas, junto con la ausencia de un estándar temporal para las diversas labores realizadas por los operarios en relación con las máquinas. Se emplearon técnicas de investigación, como la observación detallada de cada tarea llevada a cabo durante el proceso de tinturado de telas, con el fin de señalar la necesidad de mejorar estos tiempos para aumentar la eficiencia de producción y elevar el rendimiento en el área correspondiente.

Esta investigación guarda relación ya que trata de un estudio de tiempo realizado en una empresa de la ciudad de Cotopaxi, y se pudo observar la metodología empleada, las técnicas para abordar el problema, así como los resultados obtenidos en relación a cada tarea del proceso de tinturado. Las demoras fueron eliminadas siendo esto un aspecto clave y es una de las estrategias a seguir por los investigadores en el presente estudio.

Continuando con los antecedentes, Chen, Wu, Tien, & Yu, [3] realizaron una investigación titulada “Control de la producción con limitaciones de tiempo en la cola del proceso en sistemas con una estación de trabajo posterior común”. Se describe un método de control dinámico de la producción para sistemas de fabricación de dos productos bajo restricciones de tiempo de espera del proceso (PQT). Bajo las restricciones PQT, el tiempo de espera de los trabajos en la cola descendente está restringido por límites superiores predefinidos. Cuando un trabajo en curso (WIP) espera en la cola posterior más tiempo que el límite superior predefinido, el WIP puede desecharse o la calidad del rendimiento puede verse afectada. Para los sistemas de producción con restricciones PQT, es fundamental disponer de un método de programación dinámica robusto que tenga en cuenta la fiabilidad de las máquinas en tiempo real. En esta investigación, se desarrolla un modelo de proceso de decisión de Markov (MDP) considera explícitamente el estado de fiabilidad de las máquinas en tiempo real y la distribución WIP en tiempo real.

El objetivo fue encontrar políticas de control de admisión dinámicas óptimas para las estaciones de trabajo aguas arriba y políticas de control de prioridad óptimas para las estaciones de trabajo comunes aguas abajo. El modelo MDP minimiza los costes medios de producción esperados a largo plazo, que son la suma de los costes de espera y los costes de rechazo. En nuestro estudio numérico, la robustez del método de control propuesto se demuestra mediante simulación de eventos discretos. En comparación con otros métodos de control en la literatura, el método propuesto reduce los costes de producción al menos un 27,6% de media.

Estos autores realizaron una investigación que muestra como aplicando un modelo estadístico pudieron reducir los costos de producción eliminando las limitaciones de tiempo. Es una forma alternativa al estudio de tiempo, pero de igual modo es un antecedente para la mejora en la productividad, obtuvieron una reducción en los costos porcentual de más de 27% con respecto al promedio.

Seguidamente, Casa Monta & León [3] en su trabajo de grado titulado “Estandarización de tiempos y métodos de trabajo para el incremento de la productividad en los procesos de operación del taller de enderezada y pintura PINTU CAR” se enfocaron en el objetivo de establecer estándares claros para los tiempos y métodos de trabajo con el fin de mejorar la productividad en dicho taller. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la eficacia de la mano de obra actual utilizando métodos como la observación, entrevistas y cronometraje. Los hallazgos revelaron problemas operativos en cada fase del proceso, así como una baja productividad atribuida a la falta de eficiencia y tiempos inactivos entre tareas. Para reducir los

tiempos improductivos, se propone la estandarización de tiempos en los procesos clave, combinando actividades mediante el diagrama hombre-máquina y el rediseño de la distribución de la planta. Como resultado, se logró aumentar la productividad de la mano de obra en daño grave, medio y leve en un 8,61%, 15,79% y 17,40%, respectivamente, gracias a la estandarización de tiempos y la implementación de una tolerancia de tiempos de los procesos de enderezada y pintura del taller “PINTU CAR”.

Chango [5] “Estandarización del proceso de soldadura del modelo Great Wall motor Wingle 7 en la planta de ensamblaje de vehículos Ciauto CIA. LTDA.” La investigación se desarrolló en el área de soldadura de la Planta ensambladora de vehículos Ciauto CIA. LTDA. Se identificaron desequilibrios y no conformidades en la línea de producción de soldadura del modelo mencionado, lo que resultaba en retrasos en la entrega del producto final. El objetivo principal fue estandarizar este proceso para asegurar su replicabilidad y consistencia. Se emplearon métodos de investigación inductiva, bibliográfica y observacional para identificar y optimizar el uso de los recursos disponibles, incluyendo la elaboración de instructivos de trabajo conforme al Control plan de la marca y modelo, así como el análisis de tiempos y el balance de la línea de producción. Como resultado, se logró cumplir con el plan de producción de 16 unidades diarias con solo 4 operarios, y se aumentó la producción a 18 unidades manteniendo la misma cantidad de personal.

Acorde, al trabajo de Cajamarca (2015), titulado “Estudio de tiempos y movimientos de producción en planta, para mejorar el proceso de fabricación de escudos en Kaia Bordados”, indica que el crecimiento empresarial necesario para la empresa Kaia Bordados, se fundamenta en la mejora de la productividad y eficiencia organizacional mediante la realización de estudios de tiempos de producción en la planta. El objetivo es optimizar los procesos y los tiempos de producción, así como mejorar el bienestar del personal. A través del estudio de tiempo y movimiento, el autor busca reducir la fatiga, mejorar las condiciones laborales y ahorrar en el uso de materiales, máquinas y recursos humanos. Este trabajo se centra en el análisis práctico de las condiciones de trabajo en una empresa de manufactura, específicamente de bordados. El enfoque principal es el estudio de métodos y tiempos, con el propósito de mejorar el rendimiento del operador y aumentar su productividad.

En esta investigación antecedente se mejoró la productividad y aunque no se aplicó un estudio de movimiento y tiempos si se estandarizo este proceso, además, que fue un proyecto realizado

en Ciauto, la empresa en la cual también se está aplicando este. Es por ello que es de relevancia ya que se podrán extraer datos de la empresa ya recogidos por ese investigador.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Estudio de tiempos y movimientos

En el ámbito de la ingeniería industrial, la optimización de procesos y la mejora continua son elementos cruciales para el aumento de la eficiencia operativa y garantizar la competitividad en un mercado globalizado y en constante cambio. En este contexto, el estudio de tiempo emerge como una herramienta fundamental para analizar, comprender y mejorar los procesos industriales existentes.

Es una técnica de medición de tiempo e identificación de actividades con el objetivo de optimizarlas tanto para reducir las cantidades de movimientos como los tiempos totales en que se ejecutan cada ciclo de actividad, por ejemplo, de unidad producida. Se aplican diversas estrategias como la medición del tiempo y la diagramación de las actividades con el fin de lograr dicho estudio.

En este orden de ideas, Hanson [6] El estudio de tiempo y movimiento es un análisis detallado de los procesos de trabajo con el fin de mejorar la eficiencia y la productividad. Al descomponer las tareas, se identifican oportunidades para ahorrar tiempo y se agilizan los flujos de trabajo, lo que garantiza que las empresas operen al máximo rendimiento. Este método se basa en la observación científica y convierte el lugar de trabajo en una máquina bien engrasada.

2.2.2. Objetivos del estudio de movimientos y tiempos

El objetivo principal es obtener el tiempo estándar de forma que este optimizado y sea el esperado en la producción de unidades, así como la planificación de estas. Esto tiene como propósito tener claros los tiempos necesarios de fabricación, los movimientos que se requieren, las cantidades que se producen en condiciones estándares y también tiempos individuales por estación.

El estudio de tiempo y movimientos se enfoca en la mejora y la eficiencia de los procesos productivos. Su objetivo principal es identificar y eliminar actividades innecesarias, reducir los tiempos de ciclo y aumentar la productividad en la manufactura y otros sectores industriales. En el contexto de la optimización de procesos, el estudio de tiempo y movimientos El estudio de tiempo y movimientos es una disciplina esencial en ingeniería industrial que se enfoca en

analizar y mejorar la eficiencia de los procesos productivos. Su objetivo principal es identificar y eliminar actividades innecesarias, reducir los tiempos de ciclo y aumentar la productividad en la manufactura y otros sectores industriales. En el contexto de la optimización de procesos, el estudio de tiempo y movimientos desempeña un papel crucial al proporcionar datos precisos y análisis detallados sobre las operaciones existentes, permitiendo a los ingenieros industriales identificar áreas de mejora y diseñar soluciones efectivas. Los datos recopilados durante el estudio de tiempos y movimientos proporcionan información valiosa para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de operaciones. Al tener una comprensión clara de las tareas ejecutadas y encuentran las oportunidades de mejora, los gerentes pueden implementar cambios efectivos que impulsen el rendimiento y la rentabilidad de la empresa.

En función de lo precedido, Kalne & Mehandale [6], el vínculo entre tiempo y movimiento (TAM) se comprende sistemáticamente mediante el estudio de métodos y del trabajo. Mientras que el estudio del movimiento se utiliza para mejorar los métodos de trabajo, el objetivo principal del estudio del tiempo es establecer un tiempo estándar. Las técnicas de gestión de recursos como el estudio de métodos y del movimiento pueden aumentar la producción y el rendimiento. La documentación sistemática y la evaluación crítica de los procedimientos de trabajo propuestos y reales se denomina “estudio de métodos”. Estas estrategias ayudan a reducir los costes de construcción y acelerar el proceso, y también mejoran las condiciones de trabajo de los obreros y el medio ambiente al evitar desplazamientos innecesarios de mano de obra.

2.2.3. Estudio de tiempos

Esta técnica consiste en medir el tiempo de trabajo, es decir el tiempo que tarda una actividad, puede estar compuesta de varias fases, pero lo que se busca es conocer el tiempo en generar ya sea un servicio, una unidad, un ciclo de actividades que generan un tipo de producto. Requiere que el observador tenga cierta experticia a la hora de medir el tiempo. Es importante que no se comentan errores ya que esto será base para el estándar de tiempo requerido para unidad de producto o servicio.

Tal como, Grant [8] define que el estudio de tiempos es el análisis temporal es una herramienta fundamental para medir el trabajo, que, aunque es fácil de entender, requiere de mucha concentración y habilidad por parte del observador. Esta técnica se utiliza principalmente para medir el trabajo repetitivo, es decir, aquel que sigue un patrón y un método definidos. La

precisión de la técnica depende de varios factores, aunque el más importante es el número de veces que se registra la misma operación, proceso o procedimiento para establecer un tiempo representativo.

El método de tiempos y movimientos tiene diversas aplicaciones prácticas en la ingeniería industrial, abarcando desde el diseño ergonómico de estaciones de trabajo hasta la programación eficiente de la producción y la mejora de la seguridad laboral. Este enfoque se utiliza para establecer estándares de producción, mejora de los procesos y métodos de trabajo, evalúa el rendimiento del personal, programa la producción de manera eficiente, diseña layouts de planta optimizados, y promueve un ambiente laboral seguro. Al aprovechar esta metodología de manera efectiva, las organizaciones pueden aumentar la productividad, reducir costos operativos y mantener una ventaja competitiva en el mercado.

Importancia de un estudio de tiempos y movimientos

Este método de análisis de tiempos resulta útil para medir la eficiencia de un proceso y luego conseguir formas de optimizar el tiempo en que se ejecuta y en otros casos los movimientos que se emplean. Es muy propio de la carrera de Ingeniería Industrial siendo los profesionales de esta área quienes la aplican en las organizaciones, pueden ser de servicios o de manufactura.

En este marco, Dayinan A. [17] menciona que el estudio de tiempos y movimientos (TYM) es un proceso importante en los proyectos de implementación de mejoras. Su objetivo es mejorar la eficiencia de los procesos en diversas áreas, reduciendo el esfuerzo humano, el uso de recursos materiales y energéticos, y mejorando la calidad del resultado o producto final. Además, el estudio de TYM también busca perfeccionar las técnicas empleadas en la ejecución de las tareas, así como establecer los tiempos que se consideran normales para cada proceso y área específica. De esta manera, se consigue aumentar la producción sin necesidad de invertir más esfuerzo o tiempo en lograr el resultado deseado.

El estudio de tiempos y movimientos también se enfoca en diseñar puestos de trabajo ergonómicos que promuevan la salud y seguridad de los trabajadores. Al analizar los movimientos repetitivos y las posturas incómodas, se pueden identificar y eliminar riesgos de lesiones ocupacionales, reduciendo así el ausentismo laboral y mejorando el bienestar de los empleados.

Ventajas

El TYM tiene como principal ventaja la eficiencia, es decir, se obtienen los objetivos usando la cantidad mínima posible de recursos y sin bajar la calidad. Adicionalmente, genera un monitoreo constante de los indicadores de productividad, mejor forma de trabajar en un área, eleva la productividad, permite una planificación efectiva y logra que el área supervisora tenga un mayor control sobre las actividades.

Con respecto a lo anterior, los autores Arteaga, Montenegro, Salazar, & Cisneros [9] mencionan que las ventajas son:

- Acelerar el proceso de trabajo.
- Eficiencia en el uso de los recursos.
- Menores gastos operativos.
- Producción sostenible.
- Cumplimiento de los estándares de calidad.
- Optimización de los movimientos.
- Racionalización de los procesos.
- Eliminación de cuellos de botella.
- Balanceo de carga operativa.
- Minimización de desperdicios.
- Promover la seguridad y el bienestar laboral.
- Asignar a cada trabajador el puesto que mejor se adapte a sus habilidades y capacidades.

Desventajas

Así como hay ventajas en este método también tiene desventajas, como por ejemplo se requiere que la producción este activa para poder tomar los tiempos, es necesario hacer el estudio de tiempo frecuentemente para mantener actualizado el estándar sobre todo si ocurren cambios que lo pueden afectar y se tiene que evitar sobreestimar o subestimar el tiempo ya que hay variables que no podrán ser controladas del todo.

Para fundamentar lo explicado, los autores Arteaga, Montenegro, Salazar, & Cisneros [9] señalan que:

- No todas las empresas adoptan este sistema como estándar.
- Existen más de una docena de sistemas diferentes en los que se aplica.

- La credibilidad del sistema requiere de práctica constante.
- Es necesario que la línea de producción esté activa para su aplicación.

Requisitos básicos para realizar con éxito estudios de tiempos

Antes de realizar un estudio de tiempos hay que tener claro ciertos requisitos para poder realizarlo con éxito, es necesario conocer los objetivos que se persiguen con este estudio, tener experiencia en toma de tiempos, elegir un equipo de medición del tiempo adecuado, tamaño adecuado de muestra y tiempo bien elegido. Acorde con, Christiansen [10] En cualquier industria o proceso de producción, los requisitos básicos para un estudio de tiempos son los mismos. Estos requisitos se pueden clasificar en cinco áreas que deben abordarse al preparar un estudio de tiempos:

2.2.3.1 Tipos de herramientas de apoyo

Una de las metodologías más ampliamente utilizadas en el estudio de tiempo es el Método de Tiempo Predeterminado (MTM). Desarrollado inicialmente por H.B. Maynard en la década de 1940, el MTM se basa en el principio de que cada tarea puede descomponerse en elementos básicos medibles, a los que se les asignan tiempos estándar predefinidos. Esta descomposición sistemática permite una evaluación precisa de los tiempos de trabajo y una comparación objetiva entre diferentes métodos de trabajo. El MTM ha demostrado ser especialmente útil en entornos de manufactura, donde la eficiencia y la precisión son críticas [2].

Además de estas metodologías clásicas, el avance de la tecnología ha abierto nuevas posibilidades para el estudio de tiempo. La realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) se están utilizando cada vez más para simular procesos de trabajo y realizar análisis de tiempo y movimientos de manera virtual. Estas tecnologías permiten a los ingenieros industriales visualizar y analizar los procesos de manera inmersiva, identificar posibles mejoras y realizar ajustes antes de implementar cambios en el entorno real de trabajo. La captura de movimiento y la tecnología de seguimiento también están ganando popularidad, permitiendo una recopilación de datos más precisa y detallada sobre los movimientos de los trabajadores y los procesos de producción.

La integración de sistemas ciber físicos y tecnologías de la Industria 4.0, están impulsando avances significativos en el estudio de tiempo. Mediante el uso de sensores inteligentes, dispositivos conectados y análisis de datos en tiempo real, es posible el monitoreo y el análisis continuo del rendimiento de los procesos industriales, identificando los patrones y tendencias,

y la predicción de los posibles problemas antes de que ocurran. Esta capacidad de análisis avanzado proporciona a los ingenieros industriales una comprensión profunda de los procesos de producción y la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y la productividad.

2.2.3.1. Objetivos y límites claramente definidos

Antes de realizar el estudio de TYM, es importante establecer límites claros. En primer lugar, determine y especifique los objetivos del estudio, como acelerar el proceso de producción o eliminar acciones que supongan un despilfarro. A continuación, elija los procesos en los que se centrará el estudio. Averigüe si su sector cuenta ya con tiempos estándar establecidos que pueda utilizar como punto de referencia para la comparación.

2.2.3.2. Un observador formado y con experiencia

La persona que realizará el estudio ha de estar formada y tener experiencia. En la mayoría de los casos, se prefiere a ingenieros industriales con experiencia y formación pertinentes. Lo ideal es que cuenten con una certificación en optimización del puesto de trabajo. El observador debe disponer de un punto de observación seguro y cómodo desde el que pueda observar a los trabajadores mientras realizan sus tareas habituales.

2.2.3.3. Elección del equipo (básico o avanzado)

El papel que desempeñan los equipos de estudio de tiempos ha cambiado recientemente debido al desarrollo vertiginoso de la tecnología.

2.2.3.4. Tamaño adecuado de la muestra

Al elegir el tamaño de la muestra de trabajo, es importante prestar atención a que sea lo suficientemente grande y representativa de la mano de obra existente. De lo contrario, la medición del trabajo será prácticamente inútil. Además, la calidad y la competencia de los trabajadores son fundamentales. Un error común es elegir a los individuos con mejor rendimiento. En su lugar, se debe elegir un tamaño de muestra equilibrado que favorezca a los trabajadores bien formados, pero cuyo rendimiento laboral no les sitúe ni en el extremo de baja ni en el de alta productividad.

2.2.3.5. Tiempo adecuadamente elegido

Para reducir el margen de error, un estudio temporal suele implicar la realización de mediciones a lo largo de varios ciclos de producción. En las plantas de fabricación, habrá periodos de

producción con plazos más cortos y una actividad más intensa en la planta. Por lo tanto, es importante elegir un periodo que sea representativo del flujo de trabajo general de la instalación, dentro de unos límites predecibles. A menos que tenga un objetivo específico, evite las temporadas de mayor demanda al realizar el análisis.

El proceso se realiza de forma lineal, con varios pasos claramente definidos. Una vez iniciado el estudio, el observador cualificado seguirá el siguiente curso de acción: seleccionar las tareas a estudiar, lo que dependerá de los objetivos del estudio y de los límites básicos establecidos por la empresa. El tipo de empresa manufacturera y el estado actual de los sistemas de producción tendrán aquí un papel definitorio.

2.2.4. Cálculo del tiempo estándar

Al respecto, Christiansen [9] señala que el proceso para calcular el tiempo estándar comienza después de que el observador ha registrado las lecturas del tiempo real de todos los trabajadores del grupo de muestreo. Para calcular el tiempo estándar de una tarea, se deben seguir varios pasos clave. En primer lugar, es esencial definir claramente la tarea, identificando todos los pasos necesarios y posibles variaciones en los métodos de trabajo. Luego, se debe seleccionar cuidadosamente a trabajadores competentes que estén familiarizados con los procedimientos establecidos, asegurando que los tiempos registrados reflejen un rendimiento realista. Se deben utilizar herramientas de medición precisas y confiables, como cronómetros o software especializado, para registrar los tiempos de cada paso de la tarea. Es fundamental realizar la tarea en condiciones normales de trabajo para evitar influencias externas en el rendimiento del trabajador. Se deben realizar múltiples repeticiones de la tarea para garantizar la consistencia en los tiempos registrados y eliminar cualquier variabilidad aleatoria. Durante el estudio, se deben eliminar los tiempos no productivos, como descansos programados o tiempo de espera por materiales. Finalmente, se realiza un análisis estadístico de los tiempos registrados para determinar el tiempo estándar, con posibles ajustes considerando factores como la fatiga del trabajador o la complejidad de la tarea.

2.2.5. Calcular el tiempo medio

Este es el tiempo promedio que tarda un trabajador en completar la tarea de principio a fin. Si se observan varios trabajadores como parte del estudio, se genera un valor medio del tiempo observado calculando la media de todas las lecturas de tiempo registradas, una vez eliminados

los valores anómalos. Es el resultado de aplicar la fórmula de promedio entre los datos tomados de la muestra.

2.2.6. Determinar los factores de calificación

El rendimiento real registrado de un trabajador puede no ajustarse siempre a las normas "normales" de la tarea. El observador tiene que aplicar un ajuste al tiempo observado para deducir el tiempo que un operario medio habría tardado en completar la tarea. Utilizando su juicio y experiencia, el observador puede determinar la calificación del rendimiento de cada trabajador. Los sistemas de clasificación más utilizados para este fin son los siguientes:

- Clasificación de ritmo/velocidad
- Sistema Westinghouse
- Clasificación objetiva
- Clasificación sintética

Estos sistemas de clasificación utilizan factores como la velocidad, la habilidad, el esfuerzo y la constancia del trabajador para evaluar su rendimiento. El factor de calificación se calcula como una cifra porcentual, como el 90% o el 120%. Esto muestra cualquier desviación del rendimiento esperado, que se representa como el 100%. Los factores influyen en el cálculo ya que se espera un tiempo estándar óptimo donde todo este equilibrado y no haya por ejemplo un problema por falta de habilidad.

2.2.7. Calcular el tiempo normal

El tiempo normal se calcula al multiplicar el tiempo medio por el factor de calificación en formato decimal. Este valor representa el tiempo que un trabajador promedio tardaría en completar la tarea. Dicha tarea es a su vez un servicio o producto esperado, sin embargo, es promedio por la multiplicación y al mismo tiempo teórico ya que es lo que se espera, el valor real debe estar cerca de él. El cálculo del tiempo normal requiere una planificación cuidadosa, la selección adecuada de trabajadores, el uso de herramientas de medición precisas, condiciones normales de trabajo, la repetición y promedio de los tiempos registrados, la eliminación de tiempos no productivos, y un análisis estadístico apropiado para determinar el tiempo normal de una tarea específica.

2.2.8. Proporcionar beneficios

Las condiciones reales de trabajo pueden tener un impacto significativo en la productividad de la mano de obra directa. Estas condiciones varían drásticamente de un centro de producción a otro. Los observadores deben tener en cuenta estas diferencias. Para ello, disponen de una serie de factores que pueden dividirse en 5 grandes categorías:

2.2.8.1. Pausa por descanso

Incluye las necesidades personales (tiempo dedicado a las comidas, pausas para ir al agua y al baño, etc.) y la fatiga (incluye aspectos como la duración de pie, el nivel de iluminación, la calidad del aire, el uso de la fuerza, el esfuerzo físico y mental, etc.). En el estudio de tiempos y movimientos, se registra y se contabiliza el tiempo dedicado a las pausas por descanso como parte del tiempo total de trabajo. Esto permite tener una visión más precisa de la cantidad de tiempo real que se dedica a las actividades laborales y facilita la planificación y gestión de la mano de obra. La duración y la frecuencia de las pausas por descanso pueden variar según la legislación laboral, las políticas de la empresa y las características específicas del trabajo.

2.2.8.2. Pausas por interferencia

Si un trabajador tiene que manejar varias máquinas o herramientas, este subsidio se utiliza para contabilizar el tiempo de inactividad de una máquina cuando el trabajador está ocupado con otras máquinas. Las pausas por interferencia pueden tener un impacto significativo en la productividad y eficiencia del trabajo. Interrumpen el flujo de trabajo y pueden provocar retrasos en la finalización de las tareas programadas. Además, estas pausas pueden afectar negativamente la concentración y el enfoque de los trabajadores, lo que puede resultar en una disminución de la calidad del trabajo realizado. Para minimizar el impacto negativo de las pausas por interferencia en la productividad, es importante implementar estrategias de gestión y prevención.

2.2.8.3. Indemnización de proceso

Tiene en cuenta el tiempo de inactividad que se produce como parte de un proceso, o debido a cortes de electricidad, averías de máquinas, etc. Se identifica las paradas no programadas en la línea de producción debido a problemas técnicos, falta de materiales, fallos en la maquinaria, entre otros, los trabajadores pueden experimentar una disminución en su productividad o pueden ser reasignados a otras tareas que no estaban previstas en su jornada laboral.

2.2.8.4. Complemento imprevisto

Tiene en cuenta todas las interrupciones o retrasos irregulares e imprevisibles (como el mantenimiento de emergencia) que puedan surgir durante el proceso de producción.

2.2.8.5. Complemento especial

La dirección fomenta algunas actividades rutinarias, como la puesta en marcha, la limpieza, la parada y el cambio de equipos, para mejorar la seguridad y la longevidad de los equipos. Esta indemnización tiene en cuenta los trastornos causados por estas interrupciones. Las primas se indican como porcentajes, para que puedan utilizarse en el cálculo final del tiempo estándar.

2.3. CALCULAR EL TIEMPO ESTANDAR

Ahora llegamos a la métrica crucial que nos proporciona el tiempo que necesita un operador medio para completar una actividad en circunstancias normales, teniendo en cuenta las diversas tolerancias por interrupciones legítimas e inevitables. Este tiempo es diferente al normal que es teórico, es el que se busca calcular y llevar a su forma óptima para mejorar la productividad del área objeto de estudio. Este cálculo se basa en la observación y medición del tiempo necesario para completar la tarea, considerando diversos factores que pueden afectar la eficiencia y la productividad del trabajador.

Nuevas tecnologías para los estudios de tiempos

La era de la revolución industrial 4.0 trajo consigo nuevos desarrollos para las empresas, entre ellos está la capacidad de conectividad. Para ejemplificar, las máquinas cuentan con sensores que envían datos directamente a los computadores de los analistas que pueden ver los comportamientos en tiempo real. Estas tecnologías también se aplican para el estudio de tiempo, ya que la conectividad permite estudiarlos de forma automática.

Al respecto, Tulip Interfaces KFT [10] menciona que las nuevas tecnologías están transformando los estudios de tiempos de forma significativa. La conectividad, la obtención de datos en tiempo real, la automatización y la granularidad están permitiendo realizar estudios de tiempos más precisos, eficientes y eficaces.

La mejor capacidad de procesamiento de datos permite la granularidad de la información y con ello la identificación de mejoras que antes se ignoraban. Además, los ingenieros no tienen que dedicar tanto tiempo en la toma de datos ni en el procesamiento manual de estos ya que esto

esta automatizado y se muestra de una forma más organizada, exacta y rápida para que realicen los análisis respectivos concluyentes. Durante el estudio, se eliminan los tiempos no productivos, como descansos programados, tiempo de espera por materiales o equipo, y cualquier otro tiempo en el que el trabajador no esté realizando activamente la tarea

2.4. DIAGRAMA DE OPERACIONES

El diagrama de operaciones se diferencia del diagrama de flujo de proceso y del diagrama de procesos en que solo se representan las operaciones e inspecciones. Según ASME [11], el diagrama de operaciones de proceso es una representación gráfica que ilustra de forma general cómo se realizan los procesos o etapas, mostrando únicamente las operaciones e inspecciones principales. Este tipo de diagrama utiliza exclusivamente símbolos de operación e inspección. El proceso de elaboración es el siguiente:

1. **Identificación de las operaciones:** El primer paso en la creación de un diagrama de operaciones es identificar y enumerar todas las operaciones o actividades que forman parte del proceso de trabajo. Estas operaciones se representan con símbolos específicos en el diagrama.
2. **Secuencia de las operaciones:** Las operaciones se organizan en orden secuencial para reflejar el flujo natural del proceso de trabajo. Esto significa que cada operación se lleva a cabo después de la anterior y antes de la siguiente, siguiendo una secuencia lógica y coherente.
3. **Conexiones y relaciones:** Las operaciones se conectan mediante flechas o líneas para mostrar las relaciones entre ellas. Estas conexiones indican la dirección del flujo de trabajo y cómo se relacionan unas operaciones con otras.
4. **Representación de operaciones:** Cada operación se representa mediante un símbolo específico en el diagrama, que puede variar según la convención utilizada. Por lo general, se utilizan símbolos simples para representar operaciones comunes, como cortar, ensamblar, inspeccionar, transportar, entre otros.
5. **Descripción de las operaciones:** Junto a cada símbolo de operación, se incluye una breve descripción que identifica y explica la actividad que se realiza en esa etapa del proceso. Esta descripción proporciona información adicional sobre las operaciones representadas en el diagrama.

6. **Estandarización y consistencia:** Es importante mantener la estandarización y consistencia en la creación de diagramas de operaciones para garantizar su comprensión y utilidad. Esto incluye el uso de símbolos consistentes, una secuencia lógica de operaciones y una representación clara de las relaciones entre ellas.

2.5. OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION

Son todas las acciones que toma una organización para mejorar su producción y reducir los recursos empleados de cualquier tipo, ya sea materiales, tiempo, esfuerzo, movimientos, y que naturalmente representan una mejora económica. En este sentido, Numminen [12] La optimización de procesos es un enfoque sistemático que se utiliza para analizar y mejorar los procesos empresariales con el fin de lograr la máxima eficiencia, eficacia y calidad. El propósito de optimizar procesos consiste en una reducción constante de los desperdicios, incrementar la productividad y, finalmente, mejorar los resultados de una entidad.

La optimización de procesos resulta esencial para asegurar que una empresa pueda operar de manera eficaz, mantener altos estándares de calidad en la producción o los servicios y satisfacer las expectativas de sus clientes. Al optimizar los procesos y disminuir las ineficiencias, las organizaciones pueden asignar recursos y enfocarse en iniciativas estratégicas que fomenten el crecimiento y la rentabilidad.

La optimización de la producción en una planta industrial es un proceso integral que busca mejorar la eficiencia y el rendimiento global del sistema productivo. Esto implica la implementación de estrategias que minimicen los tiempos de ciclo, reduzcan los costos operativos, optimicen la utilización de recursos y maximicen la productividad. La optimización abarca aspectos como la planificación eficiente de la producción, la asignación adecuada de recursos humanos y materiales, la implementación de tecnologías avanzadas, la mejora continua de los procesos y la identificación y eliminación de cuellos de botella. Además, se enfoca en la calidad del producto final y en la flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda o en las condiciones del mercado. Al aplicar estrategias de optimización, las plantas industriales buscan alcanzar niveles óptimos de rendimiento que les permitan ser más competitivas, sostenibles y capaces de enfrentar los desafíos del entorno empresarial.

2.6. ANÁLISIS DE CAUSAS

Se aplican cuando se necesita determinar las causas raíces de los problemas, para ellos se puede aplicar diversas técnicas que lleguen a la causa base de lo que está ocurriendo y tomar acciones correctivas para eliminarlas, al respecto, Numminen [12] “Profundizar en el análisis de los procesos analizando no sólo lo que ha sucedido, sino las causas profundas de los principales retos y desafíos de los procesos” (p.1).

El análisis de causas es un proceso sistemático que busca identificar las raíces de los problemas o desviaciones en el rendimiento de una planta industrial. Comienza con la identificación clara del problema o la situación no deseada, seguida por la recopilación de datos relevantes y la aplicación de herramientas analíticas para determinar las causas subyacentes. Este enfoque va más allá de tratar los síntomas superficiales de un problema y busca comprender las causas fundamentales que lo generan.

Una de las principales ventajas del análisis de causas es su capacidad para proporcionar información precisa y detallada sobre los factores que contribuyen a los problemas operativos. Esto permite a los equipos de gestión y operaciones tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias efectivas para abordar los desafíos identificados. Al comprender las causas subyacentes de los problemas, las plantas industriales pueden implementar soluciones específicas y preventivas que aborden las verdaderas causas en lugar de simplemente tratar los síntomas.

En la práctica, el análisis de causas se realiza utilizando una variedad de herramientas y técnicas, como diagramas de causa y efecto (Ishikawa), análisis de Pareto, análisis de tendencias, entrevistas estructuradas y revisión de datos históricos. Estas herramientas ayudan a estructurar el proceso de análisis y a visualizar las relaciones entre las diferentes variables que pueden contribuir a un problema específico. Un resultado del análisis de causas se visualiza en la figura 2-1.

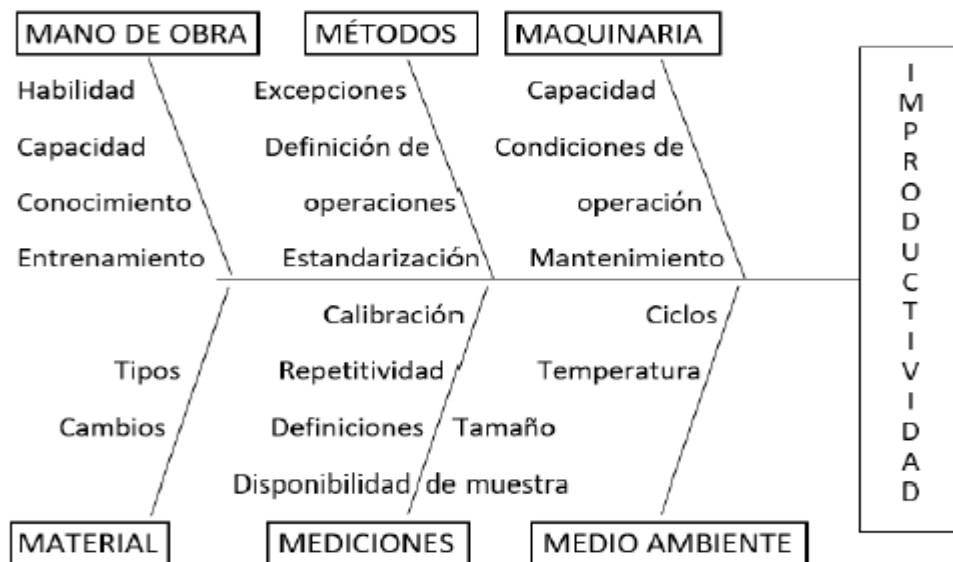


Figura 2-1 Diagrama de causa y efecto para un caso de improductividad.

El diagrama de causa y efecto es una herramienta visual utilizada para identificar y analizar las posibles causas de un problema o efecto específico. Este diagrama toma la forma de una espina de pescado, con la línea principal representando el efecto o problema central, y las ramificaciones que se extienden desde ella representando las diferentes categorías de posibles causas.

2.7. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Los indicadores de productividad cambiarán según el tipo de organización ya que pueden ser medidos de diversas formas, puede ser para un servicio o, producto, capacidad almacenada, unidades producidas por unidad de tiempo, y normalmente combina 2 variables para determinar qué tan productivo se es, por ejemplo, horas hombre utilizadas y unidades producidas. En cuanto a esto, Sydle [13] Los indicadores de productividad son medidas que evalúan el rendimiento de una empresa en varios ámbitos.

Uno de los indicadores de productividad más comunes en una planta industrial es la eficiencia global del equipo (OEE, por sus siglas en inglés), que combina la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del equipo para calcular la eficiencia general de la planta. Otros indicadores importantes incluyen la producción por hora, el tiempo de inactividad no planificado, la tasa de desperdicio y retrabajo, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR).

En idioma inglés, son conocidos como Key Performance Indicators (KPIs), que traducido al español significa 'Indicadores Clave de Rendimiento'. Estos indicadores son empleados para analizar el rendimiento de procesos, equipos, áreas de negocio y resultados globales de la organización, tanto en términos cuantitativos como cualitativos. La evaluación se fundamenta en lo que se está ejecutando en la actualidad, lo que facilita la comparación para determinar la existencia de una mejora.

La implementación efectiva de indicadores de productividad en una planta industrial ofrece una serie de beneficios tangibles. En primer lugar, proporciona una visión clara y objetiva del rendimiento operativo de la planta, lo que permite a los gerentes identificar áreas de mejora y establecer metas realistas para aumentar la eficiencia y la rentabilidad. Además, ayuda a optimizar la asignación de recursos y a priorizar las actividades de mejora continua en función de su impacto en la productividad y la rentabilidad.

Otro beneficio importante de los indicadores de productividad es su capacidad para promover una cultura de rendimiento y responsabilidad en toda la planta. Al establecer metas claras y medibles y alinear los esfuerzos individuales con los objetivos de la organización, los indicadores de productividad motivan a los empleados a trabajar de manera más eficiente y colaborativa para lograr resultados excepcionales.

2.8. FORMULA DE INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD

El indicador de productividad de mano de obra permite calcular la cantidad de horas hombre empleadas para producir una unidad ya sea de un servicio o un producto. Este indicador es aplicable al estudio de tiempo ya que mide el trabajo realizado por los operadores en la máquina respectiva del proceso de ELPO. En este estudio se deberá calcular la productividad una vez calculado el tiempo estándar en donde se haya optimizado esta línea.

Con respecto a este punto, los autores Rivera, Becerra, Charles, & Martinez, [14] plantean que la productividad de la mano de obra se define como el número de horas de trabajo necesarias para llevar a cabo una unidad productiva de una actividad específica. Al referirnos al control de la productividad de la mano de obra, el objetivo es alcanzar las relaciones estimadas/definidas en la fase de propuesta durante la ejecución del proceso, para garantizar que, en la práctica, se utilice la cantidad de horas de trabajo estimada. Fórmula:

Productividad de la mano de obra = Producción/Horas – hombre trabajadas

3. DESAROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Enfoque de la modalidad

En presente trabajo está orientado por medio del enfoque cualitativo y cuantitativo, porque se procede a analizar los tiempos de procesos productivos en el área de pintura.

Otro enfoque válido para el trabajo es la teoría de colas, es una herramienta válida en la ingeniería industrial para análisis y optimización de los sistemas donde los elementos llegan, esperan para ser atendidos y luego son procesados o servidos. En este caso, el método puede ser aplicado para mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de espera de las carrocerías en la línea de producción. En un sistema de pintura ELPO, un modelo de colas comúnmente utilizado es el modelo M/M/1, que asume una tasa de llegada exponencial, una tasa de servicio exponencial y un solo servidor. Con ello, se calcula las métricas de rendimiento y se ajustan para optimizar el sistema analizado.

3.1.1.1. Investigación Cualitativa

En una investigación cualitativa, el enfoque se centra en comprender a fondo los fenómenos desde la perspectiva de los participantes, explorando la complejidad y la riqueza de sus experiencias, percepciones y significados. Utilizando métodos como entrevistas abiertas, observación participante y análisis de contenido, este enfoque busca capturar la subjetividad y contextualizar los fenómenos en su entorno natural [15]

3.1.1.2. Investigación Cuantitativa

La investigación con enfoque cuantitativa se orienta hacia la recolección y el análisis de datos numéricos para identificar patrones, relaciones y tendencias en fenómenos específicos. Utilizando métodos estructurados como cuestionarios, experimentos y análisis estadístico, este enfoque busca generalizar resultados a partir de una muestra a una población más amplia. [16]

3.1.2. Tipos de modalidades aplicadas en la investigación

3.1.2.1. Descriptiva

La modalidad descriptiva será aplicada en este estudio para comprender y describir con precisión el proceso "ELPO" en la empresa CIAUTO. El objetivo es identificar y documentar las etapas, recursos utilizados, tiempos de producción y cualquier otra variable relevante que

pueda influir en la eficiencia del proceso. Se utilizarán técnicas como la observación directa, la revisión de documentos y registros, y posiblemente entrevistas con expertos en el proceso. Esta modalidad permitirá obtener una visión detallada y completa del proceso "ELPO" en su estado actual.

3.1.2.2. De campo

La modalidad de campo se aplicará para realizar observaciones directas del proceso "ELPO" en la planta de CIAUTO. Se llevarán a cabo visitas al lugar de trabajo para observar y registrar cómo se lleva a cabo el proceso en la práctica. Esto incluirá la identificación de posibles cuellos de botella, ineficiencias, y cualquier otro factor que pueda afectar la eficiencia del proceso. Esta modalidad permitirá obtener una comprensión práctica y realista del proceso "ELPO" y su funcionamiento en el contexto de la empresa.

3.1.4. Variable Independiente

Las variables independientes, representadas por diversos elementos que afectan el rendimiento y la eficiencia del proceso de pintado, son vitales en la consecución de los objetivos planteados. El objeto de identificar y definir las variables es el de realizar un análisis exhaustivo a fin de evaluar su impacto directo en el proceso ELPO.

En la tabla 3.1 se visualiza las variables independientes identificadas a lo largo del proceso, incluyendo la forma de medirlas y su naturaleza de su relación con el proceso de ELPO. Este enfoque riguroso generó un marco robusto para evaluar y proponer mejoras significativas en este proceso industrial clave.

Tabla 3.1: Operacionalización de las variables independiente

Dimensión	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Tiempo del Proceso	Up Time: Tiempo disponible para cumplir demanda.	¿El tiempo calculado es el real?	Registro de tiempos en Programa.
Tiempo de Finalización del proceso	Down Time: Tiempo de entrega 100% terminado.	¿Cuáles son los factores que causan demora en el proceso de pintura?	Tiempos del proceso de pintura.
Demanda del cliente.	Cantidad de vehículos diarios.	¿Cuáles son los factores que causan demora en el proceso de productividad?	Registro de Producción diaria en programa.

3.1.5. Variable dependiente

La variable dependiente central es la productividad del proceso (ver tabla 3.2) La productividad se podría definir como la eficiencia con la que se transforman los insumos en productos acabados, representando la capacidad del sistema para generar recubrimientos de alta calidad en un lapso determinado. Este indicador clave refleja el rendimiento general del proceso, considerando factores tales como la eficiencia operativa y la utilización de recursos. El análisis de la productividad permite identificar áreas de mejora en el proceso de pintado electrolítico, proporcionando información valiosa para mejorar la eficiencia, maximizar la utilización de recursos con altos estándares de calidad.

Tabla 3.2: Operacionalización de las variables independiente

Concepto	Dimensión	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Productividad	Velocidad	TR= Tiempo real	¿El proceso de pintura puede ser más eficiente?	Hoja de registro de los tiempos del proceso.
	Valor del proyecto	ST= Suma de Tiempos	¿La causa de demora puede ser generada por algún cuello de botella?	Observar el proceso del producto.
	Eficiencia	VA= Valor Agregado		

3.1.7. Levantamiento de información

Los datos levantados se obtuvieron en base a los meses noviembre - diciembre 2023 en la empresa CIAUTO. Estos datos son representados actualmente utilizados en el proceso ELPO por varios procesos en el área de pintura los cuales son:

- Desarrollo: Primer paso para iniciar el proceso productivo.
- Pérdida de tiempo: Engloba errores en el sistema productivo, los cuales pueden ser por la mano de obra, maquinaria, el medio ambiente, la materia prima, etc.
- Tiempo por Unidad: Tiempo exacto que es requerido por el personal operativo el cual debe ser empleado.
- Perdidas en Unidades: Pueden ser provocador por el paro en la línea de producción.

De los datos obtenidos históricamente, se requiere analizar las causas de la pérdida de tiempo llamados registros de pares, como:

- Desarrollo
- Tiempo Perdido

- Personal Responsable
- Causa del paro
- Estado de producción
- Fechas exactas
- Unidades perdidas en el proceso

También se requiere el estudio de datos del proceso productivo:

- Unidades demandadas por el cliente
- Real Time (Tiempo real del proceso)
- Tiempo en el cual se ha parado
- Velocidad del operador
- Producción diaria
- Tiempo inactivo

3.2. ANÁLISIS

3.2.1. Descripción del proceso ELPO

La pintura electrolítica, también conocida como electrodeposición o e-coating (por su nombre en inglés, electrocoating), es un proceso utilizado en la industria automotriz para aplicar una capa uniforme y protectora de pintura sobre las partes metálicas del vehículo. La pintura electrolítica proporciona una excelente protección contra la corrosión, ya que cubre incluso áreas difíciles de alcanzar. Ofrece una cobertura uniforme, incluyendo bordes y huecos, gracias al proceso de electrodeposición. La capa de pintura es duradera y resistente a la abrasión.

Antes de la electrodeposición, las piezas metálicas se someten a un proceso de preparación de la superficie que implica la limpieza y desengrasado para asegurar una adherencia adecuada de la pintura. Las piezas preparadas se sumergen en un baño de pintura que contiene una mezcla de resina, pigmentos y solventes.

Específicamente en la electrodeposición se aplica un voltaje eléctrico al baño de pintura, lo que provoca que las partículas de pintura cargadas eléctricamente se depositen de manera uniforme sobre la superficie de las piezas metálicas. Esto crea una capa de pintura uniforme incluso en áreas de difícil acceso. Después de la electrodeposición, las piezas se someten a un proceso de curado, generalmente mediante hornos, para endurecer y fijar la capa de pintura. En la figura 3.1 se visualiza el flujograma del proceso ELPO.

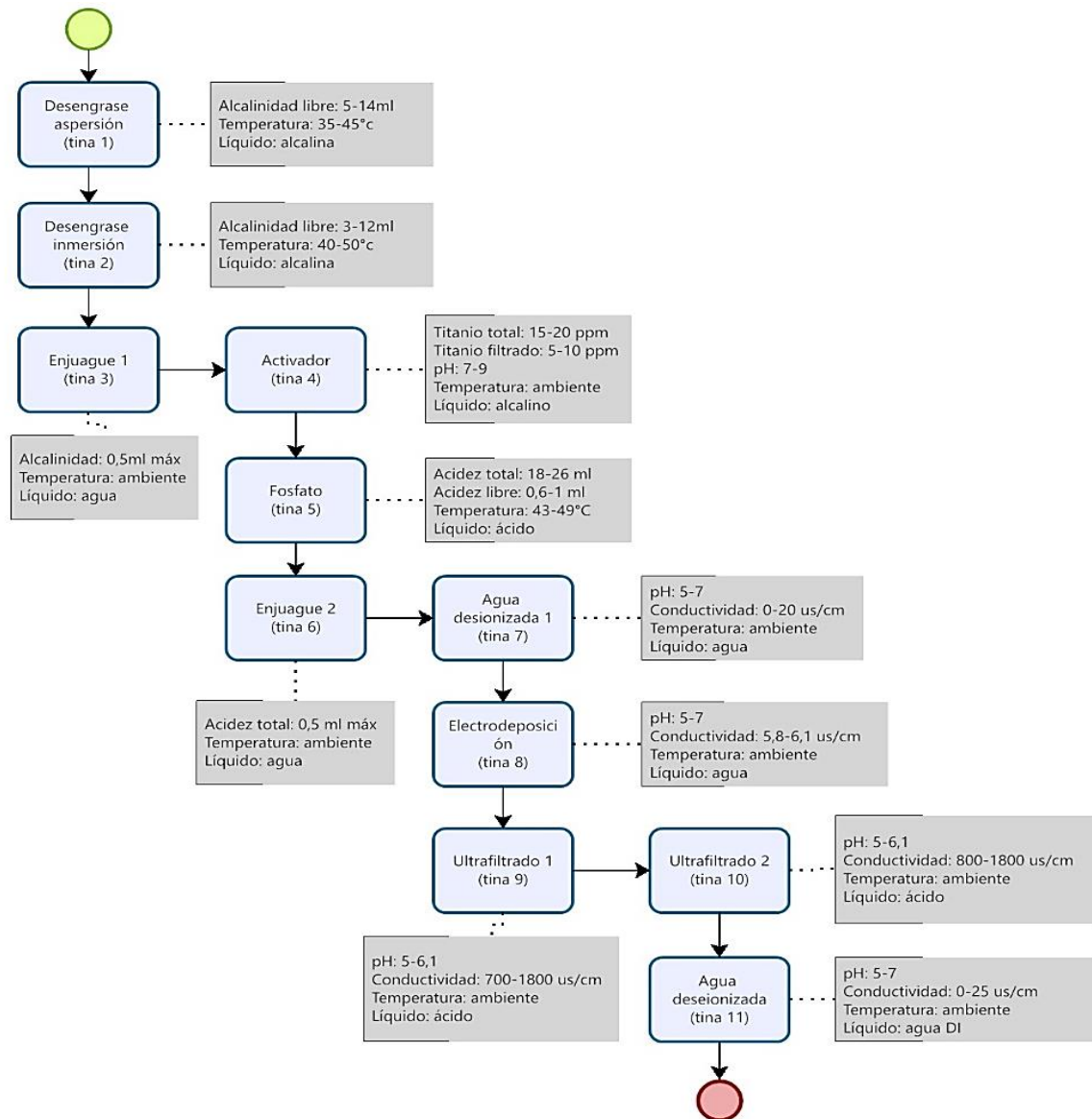


Figura 3-1 Diagrama de flujo del proceso ELPO

3.2.2. Análisis de situación actual

La situación actual del proceso ELPO se analiza, con el objetivo de identificar áreas de mejora y oportunidades para optimizar el rendimiento global. Se considerarán diversos aspectos que abarcan desde la eficiencia operativa hasta la productividad. Esto mediante el análisis del tiempo de ciclo, el trabajo en proceso y otros indicadores pertinentes. Este análisis permite la generación de estrategias y acciones específicas que contribuyan a la mejora continua del proceso de pintado electrolítico. A continuación, se detalla la información levantada en cada fase del proceso ELPO.

3.2.2.1. Desengrase aspersión

El desengrase por aspersión se realiza en la tina 1 donde se identifica cuatro actividades: desplazamiento, elevación, bajada y sumergido. En la tabla 3.3 se presentan los tiempos de procesamiento promedios de los cinco cargobuses.

Tabla 3.3 Tiempo de procesamiento de tina 1

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:26	0:02:08	0:01:48	0:05:00	0:09:22
2	0:00:24	0:02:12	0:01:50	0:05:00	0:09:26
3	0:00:23	0:02:15	0:01:47	0:05:00	0:09:25
4	0:00:27	0:02:10	0:01:46	0:05:00	0:09:23
5	0:00:28	0:02:11	0:01:48	0:05:00	0:09:27
PROMEDIO	0:00:26	0:02:11	0:01:48	0:05:00	0:09:25

3.2.2.2. Desengrase inmersión

La fase de desengrase mediante inmersión se lleva a cabo en la tina 2, donde se distinguen cuatro operaciones: desplazamiento, elevación, descenso y sumersión. Los tiempos de procesamiento promedio para los cinco cargobuses se visualiza en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Tiempo de procesamiento de tina 2

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:28	0:02:09	0:01:48	0:05:00	0:09:25
2	0:00:24	0:02:10	0:01:50	0:05:00	0:09:24
3	0:00:23	0:02:15	0:01:47	0:05:00	0:09:25
4	0:00:27	0:02:12	0:01:46	0:05:00	0:09:25
5	0:00:28	0:02:11	0:01:48	0:05:00	0:09:27
PROMEDIO	0:00:26	0:02:11	0:01:48	0:05:00	0:09:25

3.2.2.3. Enjuague 1

El enjuague 1 se ejecuta en la tina 3 donde se identifica cuatro actividades: desplazamiento, elevación, bajada y sumergido. En la tabla 3.5 se presentan los tiempos de procesamiento promedios de los cinco cargobuses.

Tabla 3.5 Tiempo de procesamiento de tina 3

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:26	0:02:04	0:01:52	0:00:50	0:05:12
2	0:00:24	0:02:05	0:01:50	0:00:49	0:05:08
3	0:00:25	0:02:06	0:01:52	0:00:50	0:05:13
4	0:00:27	0:02:04	0:01:52	0:00:50	0:05:13
5	0:00:28	0:02:10	0:01:53	0:00:49	0:05:20
PROMEDIO	0:00:26	0:02:06	0:01:52	0:00:50	0:05:13

3.2.2.4. Activador

En la tina 4 se realiza la aplicación del activador, donde se distinguen cuatro operaciones: desplazamiento, elevación, descenso y sumersión. Los tiempos de procesamiento promedio para los cinco cargobuses se visualiza en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Tiempo de procesamiento de tina 4

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:28	0:02:10	0:01:33	0:00:50	0:05:01
2	0:00:29	0:02:11	0:01:35	0:00:49	0:05:04
3	0:00:27	0:02:12	0:01:33	0:00:50	0:05:02
4	0:00:27	0:02:12	0:01:36	0:00:50	0:05:05
5	0:00:28	0:02:11	0:01:30	0:00:49	0:04:58
PROMEDIO	0:00:28	0:02:11	0:01:33	0:00:50	0:05:02

3.2.2.5. Fosfato

El tratamiento de fosfato de la carrocería se realiza en la tina 5 donde se identifica cuatro actividades: desplazamiento, elevación, bajada y sumergido. En la tabla 3.7 se presentan los tiempos de procesamiento promedios de los cinco cargobuses.

Tabla 3.7 Tiempo de procesamiento de tina 5

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:28	0:02:32	0:01:30	0:01:54	0:06:24
2	0:00:29	0:02:30	0:01:28	0:01:53	0:06:20
3	0:00:27	0:02:33	0:01:28	0:01:54	0:06:22
4	0:00:27	0:02:31	0:01:28	0:01:50	0:06:16
5	0:00:28	0:02:30	0:01:29	0:01:53	0:06:20
PROMEDIO	0:00:28	0:02:31	0:01:29	0:01:53	0:06:21z

3.2.2.6. Enjuague 2

En la tina 6 se realiza la aplicación el enjuague 2, donde se distinguen cuatro operaciones: desplazamiento, elevación, descenso y sumersión. Los tiempos de procesamiento promedio para los cinco cargobuses se visualiza en la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Tiempo de procesamiento de tina 6

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:28	0:02:32	0:01:45	0:00:50	0:05:35
2	0:00:28	0:02:31	0:01:46	0:00:49	0:05:34
3	0:00:27	0:02:33	0:01:47	0:00:50	0:05:37
4	0:00:27	0:02:31	0:01:47	0:00:50	0:05:35
5	0:00:28	0:02:30	0:01:46	0:00:49	0:05:33
PROMEDIO	0:00:28	0:02:31	0:01:46	0:00:50	0:05:35

3.2.2.7. Agua desionizada 1

En la tina 7 se utiliza agua desionizada para preparar la solución de pintura que recubre las piezas metálicas. La realización de esta operación es importante por la conductividad baja del agua desionizada y mejora la calidad del recubrimiento. En la tabla 3.9 se visualiza el tiempo promedio para ejecutar ésta operación.

Tabla 3.9 Tiempo de procesamiento de tina 7

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:26	0:02:11	0:01:29	0:00:55	0:05:01
2	0:00:28	0:02:11	0:01:26	0:00:56	0:05:01
3	0:00:27	0:02:13	0:01:30	0:00:55	0:05:05
4	0:00:27	0:02:11	0:01:27	0:00:55	0:05:00
5	0:00:28	0:02:10	0:01:29	0:00:56	0:05:03
PROMEDIO	0:00:27	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:02

3.2.2.8. Electrodeposición

Las piezas preparadas se sumergen en una suspensión acuosa de pintura. Esta suspensión se compone de partículas de pintura cargadas eléctricamente. Se aplica un campo eléctrico al baño de pintura mediante electrodos. Las piezas se conectan al cátodo y los electrodos al ánodo. Las partículas de pintura, al tener carga eléctrica, son atraídas hacia la superficie de las piezas. Las

partículas de pintura migran hacia las piezas debido a la influencia del campo eléctrico. Este proceso se conoce como electroforésis. Las partículas se depositan uniformemente en la superficie de las piezas, incluso en áreas de difícil acceso. En la tabla 3.10 se visualiza el tiempo promedio para ejecutar ésta operación en la tina 8.

Tabla 3.10 Tiempo de procesamiento de tina 8

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:56	0:02:11	0:01:25	0:06:15	0:10:47
2	0:00:54	0:02:11	0:01:25	0:06:15	0:10:45
3	0:00:57	0:02:13	0:01:26	0:06:16	0:10:52
4	0:00:57	0:02:11	0:01:27	0:06:15	0:10:50
5	0:00:58	0:02:10	0:01:27	0:06:15	0:10:50
PROMEDIO	0:00:56	0:02:11	0:01:26	0:06:15	0:10:49

3.2.2.9. Ultrafiltrado 1

En la tina 9 se realiza el ultrafiltrado, donde se distinguen cuatro operaciones: desplazamiento, elevación, descenso y sumersión. Los tiempos de procesamiento promedio para los cinco cargobuses se visualizan en la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Tiempo de procesamiento de tina 9

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:49	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:23
2	0:00:50	0:02:11	0:01:29	0:00:56	0:05:26
3	0:00:49	0:02:13	0:01:26	0:00:55	0:05:23
4	0:00:48	0:02:11	0:01:27	0:00:55	0:05:21
5	0:00:50	0:02:10	0:01:28	0:00:56	0:05:24
PROMEDIO	0:00:49	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:23

3.2.2.10. Ultrafiltrado 2

En la tina 10 se realiza el ultrafiltrado 2, donde se distinguen cuatro operaciones: desplazamiento, elevación, descenso y sumersión. En la tabla 3.12 se muestran los tiempos de procesamiento promedio para los cinco cargobuses.

Tabla 3.12 Tiempo de procesamiento de tina 10

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:26	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:00
2	0:00:27	0:02:11	0:01:29	0:00:56	0:05:03

3	0:00:26	0:02:13	0:01:26	0:00:55	0:05:00
4	0:00:27	0:02:11	0:01:27	0:00:55	0:05:00
5	0:00:26	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:00
PROMEDIO	0:00:26	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:01

3.2.2.11. Agua desionizada 2

En la tina 11 se realiza el enjuague por inmersión en agua desionizada 2, donde se distinguen cuatro operaciones: desplazamiento, elevación, descenso y sumersión. En la tabla 3.13 se visualizan los tiempos de procesamiento promedio para los cinco cargobuses se detallan

Tabla 3.13 Tiempo de procesamiento de tina 11

Carga bus	ACTIVIDADES				TOTAL (hh:mm:ss)
	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	
1	0:00:26	0:02:31	0:01:26	0:00:55	0:05:18
2	0:00:27	0:02:31	0:01:25	0:00:56	0:05:19
3	0:00:26	0:02:33	0:01:26	0:00:55	0:05:20
4	0:00:27	0:02:31	0:01:27	0:00:55	0:05:20
5	0:00:26	0:02:31	0:01:26	0:00:55	0:05:18
PROMEDIO	0:00:26	0:02:31	0:01:26	0:00:55	0:05:19

3.2.3. Tiempo actual

En la tabla 3.14 los tiempos empleados en las diferentes tinas son tomados desde la observación de los procesos que tienen que seguir para cumplir ELPO, desplazamiento, elevación, bajada, sumergido, partiendo desde estos datos procedemos a ser los siguientes procesos y comparar en tiempo actual y takt time. Los tiempos utilizados se obtuvieron calculando el promedio de los tiempos de una muestra de 5 observaciones en cada una las tinas.

Tabla 3.14 Tiempos actuales en proceso ELPO

TINA	DESPLAZAMIENTO (hh:mm:ss)	ELEVACION (hh:mm:ss)	BAJADA (hh:mm:ss)	SUMERGIDO (hh:mm:ss)	TOTAL (hh:mm:ss)
1	0:00:26	0:02:11	0:01:48	0:05:00	0:09:25
2	0:00:26	0:02:11	0:01:48	0:05:00	0:09:25
3	0:00:26	0:02:06	0:01:52	0:00:50	0:05:14
4	0:00:28	0:02:11	0:01:33	0:00:50	0:05:02
5	0:00:28	0:02:31	0:01:29	0:01:53	0:06:21
6	0:00:28	0:02:31	0:01:46	0:00:50	0:05:35
7	0:00:26	0:02:11	0:01:29	0:00:55	0:05:01
8	0:00:54	0:02:03	0:01:25	0:06:00	0:10:22
9	0:00:49	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:23

10	0:00:26	0:02:11	0:01:28	0:00:55	0:05:00
11	0:00:26	0:02:31	0:01:26	0:00:55	0:05:18

En la figura 3.2 se exponen los tiempos de operación de las etapas del proceso ELPO y en concordancia con la tabla 3.14 se visualiza que las operaciones relacionadas a las tinas 8, 1 y 2 tienen el mayor tiempo de operación. De manera específica la operación realizada en la tina 8 es la que marca el ritmo de la producción, ésta en determinadas condiciones podría representar un posible cuello de botella.

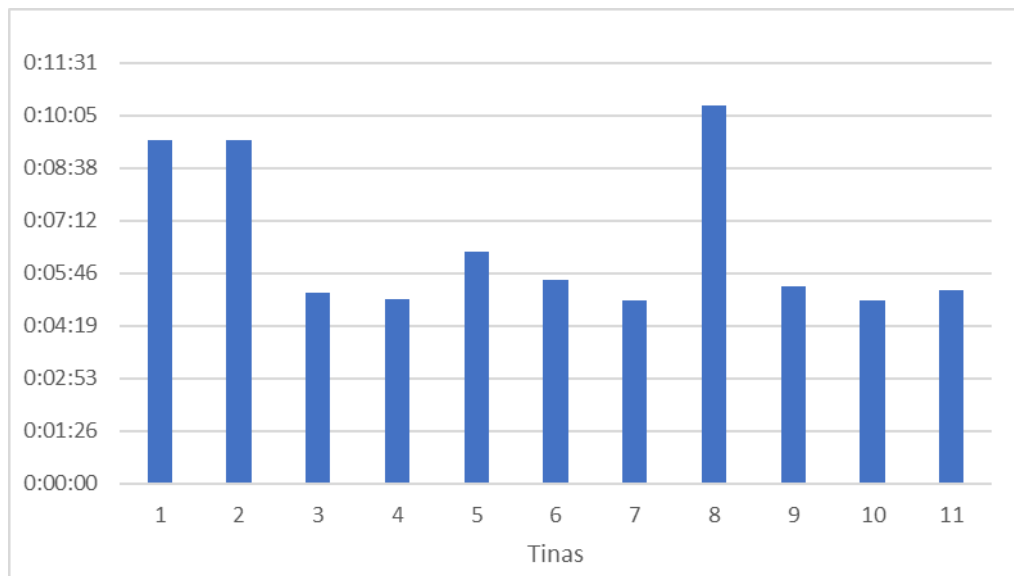


Figura 3-2 Histograma de tiempos de operación de las tinas

3.2.4. Utilización

La utilización es una métrica crítica que evalúa la eficiencia y el rendimiento de los recursos en un entorno de producción. Se define como la proporción del tiempo durante el cual un recurso específico está realizando tareas productivas en comparación con el tiempo total disponible. En el contexto de los datos obtenidos la utilización de un proceso (y/o sus fases) se expresa mediante la fórmula:

$$\% \text{ utilización} = \frac{\text{tasa de flujo}}{\text{capacidad}} * 100$$

La tasa de flujo se refiere al ritmo real al que se están completando las operaciones o trabajos en un sistema. En el caso particular del trabajo, se refiere a la cantidad de carrocerías pintadas

se produce por hora. La capacidad de un proceso se refiere a la máxima tasa de flujo que puede manejar de manera eficiente y productiva. En este caso, es la cantidad máxima de carrocerías que se podrían trabajar en una tina por hora.

En la tabla 3.15 se calcula la utilización de cada una de las tinas involucradas en el proceso ELPO, teniendo en cuenta que actualmente en promedio se pintan 30 carrocerías por día lo que se traduce en 3,75 carrocerías por hora (tasa de flujo).

Tabla 3.15 porcentaje de utilización del proceso ELPO

TINA	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (minuto/unidad)	Tiempo (hora/unidad)	Capacidad (unidad/hora)	Tasa de flujo (unidad/hora)	% utilización
1	0:09:25	9,42	0,157	6,37	3,75	58,85%
2	0:09:25	9,42	0,157	6,37	3,75	58,85%
3	0:05:14	5,23	0,087	11,46	3,75	32,71%
4	0:05:02	5,03	0,084	11,92	3,75	31,46%
5	0:06:21	6,35	0,106	9,45	3,75	39,69%
6	0:05:35	5,58	0,093	10,75	3,75	34,90%
7	0:05:01	5,02	0,084	11,96	3,75	31,35%
8	0:10:22	10,37	0,173	5,79	3,75	64,79%
9	0:05:23	5,38	0,090	11,15	3,75	33,65%
10	0:05:00	5,00	0,083	12,00	3,75	31,25%
11	0:05:18	5,30	0,088	11,32	3,75	33,13%

El porcentaje de utilización de las operaciones realizadas en las 11 tinas es relativamente bajo, inclusive en las tinas con mayor tiempo de operación (8, 1 y 2). Esto permite afirmar que es posible aumentar la producción sin aumentar la capacidad de las operaciones de cada una de las tinas, esto implica, que el cuello de botella se encuentra en otros factores.

Al tener una baja utilización se infiere que hay tiempos de espera entre cada lote de unidades en las tinas, lo que se pudo corroborar con la observación directa. La producción se realiza por lotes de 5 unidades debido a la restricción de la cantidad de cargobuses disponibles (5 unidades). Por lo tanto, el cuello de botella que se identifica se ubica en el número de unidades que ingresan por lote a producción, esto incide directamente en el número de cargobuses.

La información obtenida directamente en el área es confirmada con la simulación de eventos discretos del estado actual del proceso ELPO tal como se lo visualiza en la figura 3.3.

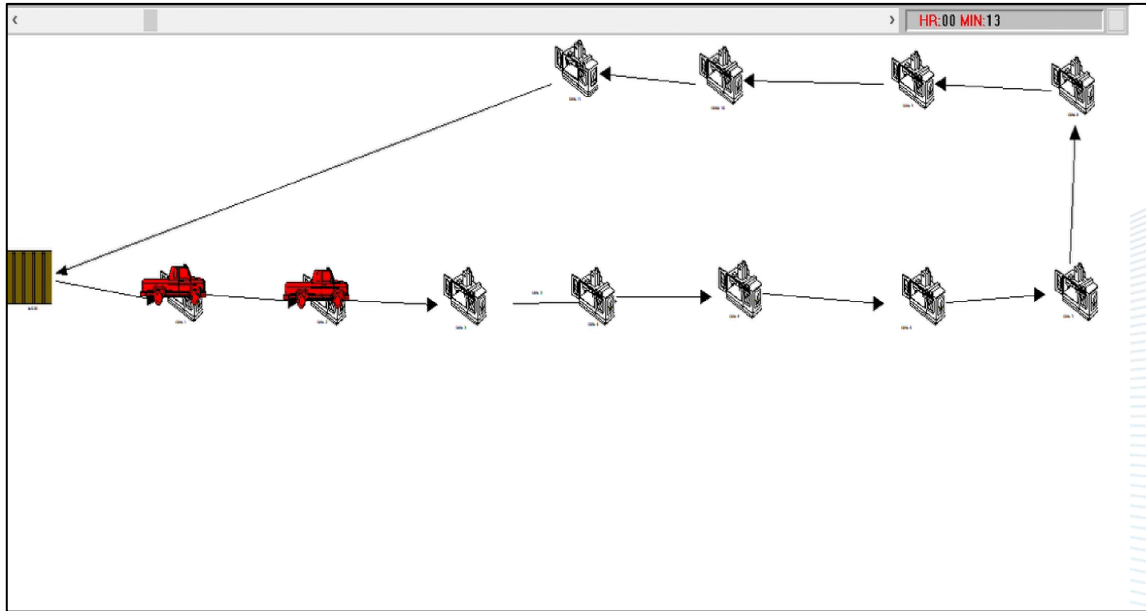


Figura 3-3 Simulación de la situación actual

3.3. PROPUESTA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los datos obtenidos en esta investigación son tomados en base a las operaciones que se tienen que seguir para lograr el perfecto estado de pintado en un vehículo en la empresa CIAUTO, estos datos levantados corresponden al periodo de noviembre a diciembre de 2023.

3.3.1. Tiempo estándar

La información levantada corresponde a los siguientes ítems:

- Demandas
- Día de trabajo
- Días laborales
- Descanso
- Estado de Maquinaria

Estos datos pueden ser registrados diariamente para cada subproceso que se vaya a realizar, obteniendo información necesaria para lograr una mejora en los procesos.

3.3.1.1. Available Time (TDO)

Paras de Proceso Elpo se consideran las siguientes para, teniendo en cuenta que los tiempos de suplementos definidos por la Organización Internacional de Trabajo, que considera las necesidades personales, fatigas y condiciones de trabajo:

- 8 min. de revisión
- 15 min. de descanso/refrigerio

TDO= Tiempo real en paras – paras programadas

TDO= 8 h o 480 minutos - 23 min de para = 457 minutos

El tiempo disponible en el día es de 457 minutos, sin tomar en cuenta paras programadas en el día debido a problemas mecánicos, hora de descanso, fallo del sistema, etc.

3.3.1.2. Takt Time

La producción actual promedio es de 30 unidades.

- Takt Time= Tiempo ideal para producir por turnos
- Takt Time= 457 minutos / 30 unidades = 15.23 minutos / unidad
- Takt time (segundos)= 914 segundos

El tiempo ideal es de 914 segundos para poder producir cada unidad.

3.3.1.3. Disponibilidad (UP TIME)

El tiempo Disponible para el operario el cual se deberá emplear en este período de tiempos para poder cumplir la demanda, como se muestra en la Tabla 3.16.

UP TIME= tiempo disponible de operación – Para no programada / Tiempo disponible

Tabla 3.16 Disponibilidad

Mes	Días laborales	Tiempo Disp.	Minutos Disp.	Horas Ext.	Minutos Ext.	Total, Min.	Para mes	Disponibilidad %
noviembre	20	457	9140	2	120	9260	925	89,87
diciembre	19	457	8683	2	120	8803	903	
						Total	18063	

3.3.1.4. Tiempo fuera (DOWN TIME)

El tiempo fuera es igual a la proporción del tiempo de paradas no programadas (min) con respecto al tiempo operación disponible (min).

Tabla 3.17 Tiempo fuera

Mes	Días laborales	Tiempo Disp.	Minutos Disp.	Horas Ext.	Minutos Ext.	Total, Min.	Para mes	Tiempo fuera %
noviembre	20	457	9140	2	120	9260	925	10,13
diciembre	19	457	8683	2	120	8803	903	
						Total	18063	

3.3.1.5. Tiempo real TR (Actual)

El Tiempo Real con el que se cumple la línea del proceso de ELPO es igual 814 segundos. A continuación, se detalla su cálculo:

- $TR = \text{Tackt Time} * \text{disponibilidad}$
- $TR = 914 \text{ segundos} * 0.8987 = 814 \text{ segundos}$

3.3.1.6. Overspeed Velocidad

Entonces el resultado del porcentaje del proceso ELPO es 7.14% el cual ayudara a que podamos cumplir con la demanda del cliente, siendo también tomado en cuenta los paros que se realizan durante el subproceso.

- $\text{Overspeed} = (\text{Tackt time} - \text{Tiempo real}) / \text{Tiempo real}$
- $\text{Overspeed} = (914 - 814) / 814 = 7.14\%$

3.3.2. Análisis de criticidad de cargobuses

Estimar la criticidad de nuestra maquinaria es esencial para garantizar la confiabilidad y el rendimiento sostenible de las operaciones en el proceso ELPO. Este análisis consistió en evaluar la importancia relativa de cada equipo en función de su impacto en la producción y la eficiencia general. Nuestro enfoque de análisis de criticidad se basa en varios criterios clave (anexo 1):

- **Impacto en la producción:** Se evaluó cómo cada máquina contribuye a la producción total y cómo su falla podría afectar la cadena de suministro y los plazos de entrega.
- **Frecuencia de uso:** se consideró la frecuencia con la que cada máquina es utilizada durante el proceso de producción. Aquellas de uso constante pueden tener un mayor impacto en la operación general.
- **Disponibilidad de Repuestos:** La disponibilidad y el acceso a repuestos juegan un papel crucial en la criticidad de una máquina. Equipos con repuestos fácilmente disponibles pueden tener menor impacto en caso de fallo.

- **Consecuencias de Falla:** Se analizó las posibles consecuencias de una falla, incluyendo costos de reparación, tiempos de inactividad y posibles daños a otros componentes.

En la tabla 3.18 se resume el análisis de criticidad de los 5 cargobuses, en donde se observa que los cargobuses 3 y 4 tienen un nivel de criticidad alto por lo que requieren un programa de mantenimiento preventivo y predictivo. Adicional, para evitar paradas no programadas se sugiere la implementación de un cargobus para asegurar la disponibilidad de las máquinas.

Tabla 3.18 Análisis de criticidad de cargobuses

EQUIPO	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costos mantenimiento	Impacto seguridad	Impacto medio ambiente	Consecuencia	Criticidad
CARGOBUS 1	2	2	5	3	2	5	17	34
CARGOBUS 2	2	2	5	3	2	5	17	34
CARGOBUS 3	5	2	5	3	3	5	18	90
CARGOBUS 4	5	2	5	3	3	5	18	90
CARGOBUS 5	4	2	5	3	3	5	18	72

3.3.3. Análisis de propuesta de mejora

Como propuesta principal se sugiere la implementación de dos nuevos cargo buses que ayudaría a poder aumentar la productividad y cumplir con mejores requerimientos de demandas hacia la empresa CIAUTO, esto dentro del área de ELPO. Uno de los cargobuses ingresaría a la línea para aumentar la producción y el otro cargobus estaría destinado a mantener la disponibilidad de los mismos. En la tabla 3.19 se calcula la utilidad de cada tina luego de implementar un cargobus en la línea, es decir la producción pasaría de 30 a 36 unidades por día o 4,5 unidades por hora.

Tabla 3.19 Eficiencia del proceso ELPO aumentando un carga bus

TINA	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (minutos/unidad)	Tiempo + tolerancia (minutos/unidad)	Tiempo (horas/unidad)	Capacidad (unidad/hora)	Tasa de flujo (unidad/hora)	% utilización
1	0:09:25	9,42	10,370575	0,173	5,79	4,50	77,78%
2	0:09:25	9,42	10,370575	0,173	5,79	4,50	77,78%
3	0:05:14	5,23	5,76347	0,096	10,41	4,50	43,23%
4	0:05:02	5,03	5,54321	0,092	10,82	4,50	41,57%
5	0:06:21	6,35	6,993255	0,117	8,58	4,50	52,45%
6	0:05:35	5,58	6,148925	0,102	9,76	4,50	46,12%

7	0:05:01	5,02	5,524855	0,092	10,86	4,50	41,44%
8	0:10:22	10,37	11,41681	0,190	5,26	4,50	85,63%
9	0:05:23	5,38	5,928665	0,099	10,12	4,50	44,46%
10	0:05:00	5,00	5,5065	0,092	10,90	4,50	41,30%
11	0:05:18	5,30	5,83689	0,097	10,28	4,50	43,78%

Esta propuesta se validó a través de la simulación de eventos discretos de la situación futura, como se visualiza en la figura 3.4.

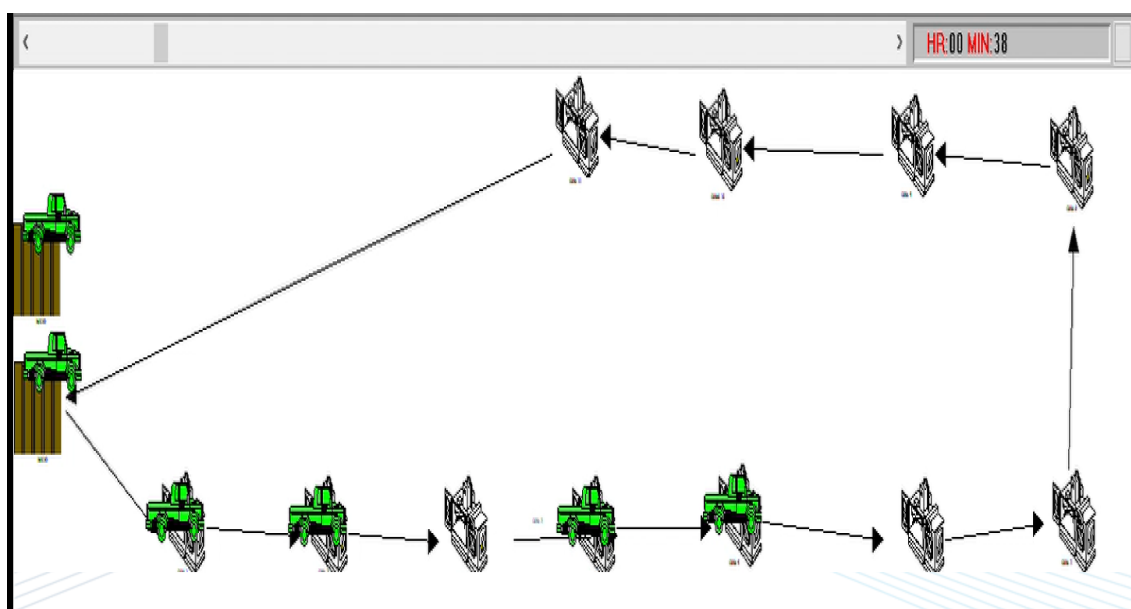


Figura 3-4 Simulación de la implementación de cargobus en la línea

El consumo de recursos tanto para el proceso actual de 5 cargo buses y la propuesta de producción con 6 cargo buses, tanto en diésel como en energía se muestra en las siguientes figuras.

- **Consumo de Recursos Diesel**

MENSUAL	Total galones	Precio por galon	Total	COSTO POR UNIDAD
519	200	\$ 3,28	\$ 13.120,00	\$ 25,28
Anual	Total galones	Precio por galon	Total	COSTO POR UNIDAD
6228	48000	\$ 3,28	\$ 157.440,00	\$ 25,28

Figura 3-5 Consumo de recursos Diesel del proceso Actual

Mensual	Total galones	Precio por galon	Total	costo por unidad
639	200	\$ 3,28	\$ 13.120,00	\$ 20,53
Anual	Total galones	Precio por galon	Total	costo por unidad
7668	48000	\$ 3,28	\$ 157.440,00	\$ 20,53

Figura 3-6 Consumo de recursos Diesel de la propuesta

Cargo Bus	Actual	Propuesta	Ahorro por unidad	Ahorro mensual total	Ahorro anual total
Consumo de diesel	\$ 25,28	\$ 20,53	\$ 4,75	\$ 3.035,25	\$ 36.423,00

Figura 3-7 Ahorro por Unidad

- **Consumo de recursos energía**

Mensual	Total Kw/h	Precio por Kw/h	Total	Costo por unidad
519	69200	\$ 0,10	\$ 10.202,00	\$ 19,66
Anual	Total Kw/h	Precio por Kw/h	Total	Costo por unidad
6228	830400	\$ 0,10	\$ 122.424,00	\$ 19,66

Figura 3-8 Consumo de recursos Energía del proceso Actual

Diario	Total Kw/h	Precio por Kw/h	Total	Costo por unidad
639	69200	\$ 0,10	\$ 10.202,00	\$ 15,97
ANUAL	Total Kw/h	Precio por Kw/h	Total	Costo por unidad
7668	830400	\$ 0,10	\$ 122.424,00	\$ 15,97

Figura 3-9 Consumo de recursos Energía de la propuesta

Cargo Bus	Actual	Propuesta	Ahorro por unidad	Ahorro mensual total	Ahorro anual total
Consumo de energía	\$ 19,66	\$ 15,97	\$ 3,69	\$ 2.357,91	\$ 28.294,92

Figura 3-10 Ahorro en consumo de energía por unidad

Después de la implementación de un nuevo cargobus para el área de ELPO se pueden obtener una mejora significativa en la eficiencia productiva y representa un ahorro considerable (tabla 3.20) para cumplir demandas mucho más altas de parte del cliente.

Tabla 3.20 Resumen de consumo de recursos por diésel y energía

Recurso	Actual	Propuesta	Ahorro	Ahorro mensual	Ahorro anual
Consumo Diésel por unidad	\$25,28	\$20,53	\$4,75	\$3.035,25	\$36.423,00
Consumo Energía por unidad	\$19,66	\$15,97	\$3,69	\$2.357,91	\$28.294,92

3.4. Análisis de ingresos por mejora planteada

Acorde a la propuesta de mejora desarrollada, se obtiene una mejora de producción de 30 a 36 unidades por día. Con base a la información brindada por la empresa, se considera un valor neto de 20000 dólares por vehículo. La mejora de ingresos para la empresa se detalla en la tabla 3-21.

Tabla 3.21 Ingresos por modificación planteada

Parámetro	Valor
Producción Actual/día	30
Producción Mejora/día	36
Unidades mes (Mejora)	720
Ingresos adicionales mes (\$)	2.400.000
Ingreso global mes mejora (\$)	14.400.000
Ingresos adicionales año (\$)	28.800.000

3.5 Evaluación Técnico, Social, Ambiental, Económico

3.5.1 Evaluación Técnica

La evaluación Técnica; en un proceso ELPO, es fundamental para asegurar la calidad y confiabilidad, se verifica que se haya utilizado una metodología adecuada para la implementación del proceso ELPO, siguiendo los principios y estándares aceptados. Para ello, la evaluación técnica en un proceso ELPO se enfoca en garantizar la fiabilidad y calidad de los subprocesos presentadas, asegurando que se hayan seguido los procedimientos adecuados y se hayan utilizado las herramientas y métodos correctos.

Con la modificación del proceso es apropiado la revisión de cambios de infraestructura, personal y recursos para la mejora del proceso ELPO:

3.5.2 Evaluación Social

En relación a la evaluación social esta investigación tiene una marca de aceptación para ser implementada en la planta de CIAUTO, siendo este el causante de un cambio en el puesto de trabajo donde se cumplirá de mejor manera la forma de operar las maquinarias, de tal manera que el trabajador se vuelva alguien eficaz para el incremento de la producción.

La mejora del proceso aporta en la mejora de las condiciones ergonómicas del trabajador, la mejora de tiempos de producción, la optimización del recurso humano y la operación del proceso mismo.

3.5.3 Evaluación ambiental

Es un tema esencial para garantizar que estos procesos se realicen de manera sostenible y respeten el medio ambiente, además esto motiva a tener limpio y ordenado el sitio de trabajo donde los desperdicios serán desechados en sus respectivos lugares para no contaminar el área de trabajo, CIAUTO cuenta con un sistema de tratamientos de aguas que no perjudica la contaminación, se identifican los siguientes aspectos:

- **Consumo de energía:** Analizar el consumo de energía del proceso ELPO y el aporte para la reducción mediante la optimización de equipos, la implementación de tecnologías más eficientes energéticamente y la adopción de prácticas de operación más sostenibles.
- **Gestión de residuos:** Evaluar la generación de residuos durante el proceso ELPO y analizar la influencia de la mejora en las estrategias para minimizarlos, reutilizar o reciclar materiales del proceso.
- **Gestión de productos químicos:** Revisar el uso de productos químicos en el proceso ELPO y evaluar su impacto ambiental, incluyendo su toxicidad, persistencia y bioacumulación. Buscar alternativas más seguras y sostenibles cuando sea posible y garantizar una gestión adecuada de los productos químicos utilizados.

3.5.3 Evaluación económica

Esta propuesta beneficia directamente a la empresa CIAUTO y de forma indirecta a sus proveedores y clientes, ya que por medio de esta mejora se podrá contratar un personal más

especializado o de la misma manera se los puede capacitar a cada uno dependiendo la función que se vaya a cumplir. Acorde a la información detalla en la sección 3.3.3, se resumen los costos de operación relacionados con la mejora propuesta. La evaluación económica del proyecto "Mejoramiento de la eficiencia productiva del proceso ELPO mediante estudios de tiempos en la empresa CIAUTO" implica analizar los costos y beneficios asociados con la implementación de las mejoras propuestas, como se muestra en la tabla 3-22.

Tabla 3.22 Reducción de costos anual por mejora

Recurso	Ahorro anual (\$)
Diesel	36423
Energía eléctrica	28294,92
Total	64717,92

Acorde a la información recopilada por la empresa, y la mejora propuesta se identifica los resultados detallados en la tabla 3-23

Tabla 3.23 Ingresos por mejora planteada

Parámetro	Valor
Producción Mejora/día (unidades)	6
Ingresos adicionales mes (\$)	2.400.000

La planta al operar con la mejora propuesta puede alcanzar un incremento de ingresos netos del 20% mensual.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La investigación nos presentó criterios positivos debido a esta mejora en el proceso ELPO en la planta de pintura de la empresa CIAUTO, donde se detallan las siguientes conclusiones:

- Se identificó que el proceso "ELPO" en la empresa CIAUTO presenta problemas de eficiencia y productividad debido a la falta de estandarización y control en la aplicación de la pintura.
- Se realizó un análisis detallado del proceso y se identificaron los principales cuellos de botella y oportunidades de mejora.
- Se propuso una serie de medidas para optimizar el proceso, incluyendo la estandarización de los tiempos y cargas de trabajo y la capacitación del personal operativo.
- Se llevó a cabo una prueba piloto de las medidas propuestas y se obtuvieron resultados positivos en términos de eficiencia y productividad.
- Se concluye que la implementación de las medidas propuestas puede mejorar significativamente la eficiencia y productividad del proceso "ELPO" en la empresa CIAUTO.
- Para determinar la capacidad de producción ELPO, se consideró un tiempo disponible dentro de las horas de trabajo diarias, obtenido un ochenta y nueve punto un por ciento de trabajo (89.87%), considerando así una eficiencia alta y con un diez punto nueve por ciento (10.13%) en balance de retraso, es decir tiene un déficit tolerable de aceptación por la empresa.

Estas conclusiones sugieren que la aplicación de las medidas propuestas puede tener un impacto positivo en la operación general de la empresa CIAUTO, ayudando a más de generar más unidades diarias también en el ingreso mayor de recursos en ganancias.

4.2. Recomendaciones

Se detallan las recomendaciones a tomar en cuenta para lograr la mejora de los procesos del área de ELPO:

- Implementar un sistema de estandarización de tiempos y cargas de trabajo en el proceso "ELPO" para garantizar una mayor eficiencia y productividad en la empresa CIAUTO. Esto incluiría la documentación detallada de cada etapa del subproceso, desde la carga de unidades hasta la descarga de las mismas, con el fin de identificar tiempos inadecuados, tiempos muertos y el rendimiento del personal en el desplazamiento de cada unidad.
- Establecer un sistema de control de calidad que permita monitorear de manera continua el proceso "ELPO" con el fin de identificar posibles desviaciones y tomar medidas correctivas de manera oportuna. Esto garantizará que la calidad del producto final cumpla con los estándares requeridos.
- Brindar capacitación al personal operativo involucrado en el proceso "ELPO" para asegurar que estén familiarizados con las mejores prácticas, procedimientos estandarizados y el uso eficiente de los recursos. Esto contribuirá a mejorar la eficiencia y la calidad del trabajo realizado.
- Llevar a cabo una revisión regular de los resultados alcanzados después de la aplicación de las medidas sugeridas, con el objetivo de detectar posibles áreas de mejora continua y ajustar los procedimientos según sea pertinente.
- Considerar la posibilidad de implementar tecnologías y herramientas innovadoras que puedan contribuir a la optimización del proceso "ELPO", como sistemas de automatización, software de gestión de la producción, o equipos más eficientes y modernos.

Estas recomendaciones están diseñadas para abordar los desafíos identificados en el proceso "ELPO" y mejorar la eficiencia productiva en la empresa CIAUTO.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. L. I. Elvis y Y. T. R. Ismael, «ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA TEXTILES COTOPAXI,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Cotopaxi, 2021.
- [2] Y.-T. Chen, C.-H. Wu, Y.-J. Tien y C.-J. Yu, «PRODUCTION CONTROL UNDER PROCESS QUEUE TIME CONSTRAINTS IN SYSTEMS WITH A COMMON DOWNSTREAM WORKSTATION,» International Journal of Industrial Engineering, Taipei, Taiwan, 2016.
- [3] D. X. Casa Monta y H. G. León, «Estandarización de tiempos y métodos de trabajo para el incremento de la productividad en los procesos de operación del taller de enderezada y pintura “PINTU CAR”,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Cotopaxi, 2020.
- [4] C. D. G. Chango, «ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA DEL MODELO GREAT WALL MOTOR WINGLE 7 EN LA PLANTA DE ENSAMBLAJE DE VEHÍCULOS CIAUTO CIA. LTDA,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Latacunga - Ecuador, 2020.
- [5] G. Hanson, «Smart Capital Mind,» 19 Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.smartcapitalmind.com/what-is-a-time-and-motion-study.htm>.
- [6] P. S. Kalne y A. M. Mehendale, «The Purpose of Time-Motion Studies (TMSs) in Healthcare: A Literature Review,» *Cureus*, p. 8, 2022.
- [7] S. Grant, «Scott Grant,» 20 Diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://scott-grant.co.uk/terms-and-techniques/time-study/>.
- [8] C. C. Arteaga, Y. Á. G. Montenegro, M. d. C. T. Salazar y M. G. V. Cisneros, «Universidad Autónoma del Estado de Morelos (uaem),» 28 Diciembre 2023. [En línea]. Available: <http://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/28/18>.
- [9] B. Christiansen, «Limble,» 21 Septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://limblecmms.com/blog/how-to-do-a-time-study/>.

- [10 Tulip Interfaces KFT, «Tulip,» 28 Diciembre 2023. [En línea]. Available:
] <https://tulip.co/blog/ultimate-guide-to-time-studies-in-the-connected-factory/>.
- [11 A. Standard, «HathiTrust,» 20 Diciembre 2023. [En línea]. Available:
] <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015039876274&seq=5>.
- [12 L. Numminen, «Workfellow- Process Optimization Explained - Methods, Benefits &
] Tools,» 21 septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.workfellow.ai/learn/what-is-process-optimization>.
- [13 SYDLE, «SYDLE,» 23 Junio 2023. [En línea]. Available:
] <https://www.sydle.com/es/blog/indicadores-de-productividad-60c3708b688db6117f3d5c09/>.
- [14 V. Rivera, D. d. C. Becerra, N. Charles y J. Martinez, «Research Gate,» Diciembre 2020.
] [En línea]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/346554789_Indicadores_de_Gestion.
- [15 D. L. Vera, 2020. [En línea]. Available:
] https://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/velez_vera__investigacion_cualitativa_pdf.pdf.
- [16 T. y. Masteres, 30 Agosto 2022. [En línea]. Available:
] <https://tesisymasters.mx/investigacion-cuantitativa/>.
- [17 I. A. Daniyan, Advances in manufacturing Technologies and Production Engineering,
] Singapore: Benthan Books, 2022.
- [18 A. B. Badiru, Industrial and System Engineering, New York: Taylor and Francis Group,
] 2014.
- [19 World Economic Forum, «The Global Risk Report 2023,» Marsh Mc Lennan; Zurich
] Ensurance Group, Geneva Switzerland, 2023.
- [20 CEPAL, «Repercusiones en América Latina y el Caribe de la guerra en Ucrania: ¿cómo
] enfrentar esta nueva crisis?,» Naciones Unidas, Panama, 2022.

[21 A. V. Ojeda y N. Estrella, «El efecto dominó del conflicto Rusia-Ucrania: implicaciones para Ecuador,» 19 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/2022/05/19/el-efecto-domino-del-conflicto-rusia-ucrania-implicaciones-para-ecuador/>.