



POSGRADOS

Maestría en

**PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:
PROYECTOS DE DESARROLLO

Tema:
PROPUESTA DE MEJORAS EN LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN DE CORTE DE
BOBINAS DE ACERO EN UNA EMPRESA
DEL SECTO METALMECÁNICA

Autor:
Larisa Tairy Acosta Villamar
Fernando Javier Valiente Salguero

Director:
Ángel Eduardo González Vásquez

GUAYAQUIL – ECUADOR
2023



Autor:**Larisa Tairy Acosta Villamar**

Ingeniero Industrial

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.

lacostav2@est.ups.edu.ec

**Fernando Javier Valiente Salguero**

Ingeniero en Contabilidad y Auditoría

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.

fvaliente@est.ups.edu.ec

Dirigido por:**Ángel Eduardo González Vásquez**

Ingeniero Industrial

Doctor en Ciencias Administrativas

agonzalez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

GUAYAQUIL– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Larisa Tairy Acosta Villamar**Fernando Javier Valiente Salguero****PROPUESTA DE MEJORAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CORTE DE BOBINAS DE ACERO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECÁNICA**

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación a mi padre por el apoyo en el crecimiento continuo de mi formación profesional y académica, a mi sobrina Caeli quien, en los días más estresantes por la combinación del trabajo y la tesis, estuvo siempre con su sonrisa para cambiarme el ánimo y continuar y principalmente a Dios porque definitivamente sin Él nada podría ser.

Larisa

Dedico mi trabajo de investigación a mis padres por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante este largo camino, y darme las bases necesarias para distinguir de lo bueno y lo malo.

A mi amada esposa por siempre estar a mi lado apoyándome, gracias por entenderme en cada momento y darme felicidad en mi vida.

Fernando

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por la motivación constante a ser mejor, a mi tutor de tesis por la guía y acompañamiento continuo a fin de obtener el título.

Larisa

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que me muestran día a día, a mi tutor por la excelente guía que nos brindó, y a todos los profesores que me brindaron el conocimiento necesario, para llegar al momento de hoy. - Y a mi jefe que creyó en mi potencial.

Fernando

Tabla de Contenido

1.	Introducción	13
2.	Determinación del problema	14
2.1	Situación Problemática	14
2.1.1	Problema General	15
2.1.2	Problema Específicos	15
2.2	Justificación de la investigación	15
2.2.1	Objetivos General	16
2.2.2	Objetivos Específicos	16
3.	Marco teórico referencial	17
3.1	Importancia de la productividad	18
3.2	Herramientas para el estudio de tiempos	19
3.2.1	Cronómetro	20
3.2.2	Tablero para formularios	20
3.2.3	Formatos para el registro de la información	20
3.3	Diagrama de Pareto	20
3.4	Maquinaria de corte longitudinal Slitter	21
3.5	Balanzas colgantes para puentes grúa	22
3.6	Mantenimiento Preventivo	22
3.7	Motor Trifásico 4P, 100HP, 220/380/440V, IE3 Kraft Mann	22
3.8	Reseña histórica de la empresa	23
4.	Metodología, medición y análisis	24
4.1	Investigación Aplicada	24
4.2	Tipo de Investigación No experimental	24
4.3	Método de investigación analítico	24
4.4	Determinación de la muestra	24
4.5	Tipos de instrumentos de investigación	25
4.6	Tratamiento de la información	25
4.6.1	Sipoc	25
4.6.2	VOC	26
4.6.3	Medición	27
4.7	Herramientas para el análisis de la información	30
4.7.1	Diagrama de Pareto	30
4.7.2	Diagrama de Ishikawa Proceso corte de bobinas	31

4.7.3	Matriz de ponderación de causas	32
5.	Resultados y discusión	34
5.1	Descripción	34
5.2	Simulación programa Simio escenario 1	40
5.1	Simulación programa Simio escenario 2	42
6.	Conclusiones	49

Lista de tablas

Tabla 1 Identificación los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes de la línea de producción de corte de bobinas.....	25
Tabla 2 Necesidades de la Voz del cliente.....	26
Tabla 3 Medición de tiempo	27
Tabla 4 Toma de tiempos de operación de corte de bobinas.....	28
Tabla 5 Porcentaje de participación de elementos en el corte de bobinas.....	30
Tabla 6 Matriz de ponderación de causas.....	32
Tabla 7 Tabla de criterios	32
Tabla 8 Calificaciones otorgadas por los participantes.....	33
Tabla 9 Causas potenciales y propuestas de mejora	34
Tabla 10 Tabla para revisión de mantenimiento por toneladas procesada	38
Tabla 11 Escenario de toma de tiempos con las mejoras.....	44
Tabla 12 Comparación de Escenarios.....	48
Tabla 13 Comparación de estudios de tiempos.....	49

Lista de figuras

Figura 1 Balanza tipo grúa	35
Figura 2 Recolecto de scrap (merma).....	36
Figura 3 Motor DC 440V 110KW.....	37
Figura 4 Trompo para recolección de flejes	39
Figura 5 Simulación del proceso actual en simulador Simio	40
Figura 6 Representación del modelo de corte de bobinas en forma 2D	41
Figura 7 Simulación escenario 2 con las mejoras	43
Figura 8 Comparación escenario 1 y 2 con Simulador Simio	46
Figura 9 Representación final del modelo de corte de bobinas en formato 3D del Simulador Simio.....	47

Lista de gráficos

Gráfico 1 Gráfica de probabilidad de tiempos por bobina	29
Gráfico 2 Diagrama de Pareto tiempo de corte de bobinas	30
Gráfico 3 Diagrama de Ishikawa.....	31
Gráfico 4 Diagrama de tornado simulación escenario 1 (actual).....	42
Gráfico 5 Gráfica de probabilidad de tiempos escenario 2.....	45
Gráfico 6 Diagrama de tornado simulación escenario 2	42

PROPUESTA DE MEJORAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CORTE DE BOBINAS DE ACERO EN UNA EMPRESA DEL SECTOR METALMECÁNICA

Autor:

LARISA TAIRY ACOSTA VILLAMAR

FERNANDO JAVIER VALIENTE SALGUERO

Resumen

Las operaciones y sus procesos continuamente se van desarrollando, concluyendo en aprovechar al máximo el tiempo. Bajo esta premisa, es necesidad de la empresa optimizar sus tiempos de producción en la línea de corte de bobinas con el fin de aumentar el output de línea al menor costo, lo cual se traduce en realizar la operación en el menor tiempo posible. El proyecto consiste en realizar el estudio de los tiempos de los procesos que son parte de la operación, identificar el cuello de botella de la línea, seleccionar el modelo estadístico de los datos para diseñar y alimentar la simulación del proceso por medio de un software llamado simio. Simio es una herramienta que nos permite simular el proceso actual y todas sus variantes con el objetivo de encontrar el mejor método de ejecución del proceso sin invertir cantidades importantes de flujo por pruebas piloto. Identificando el método más adecuado para la operación, se establecerá la propuesta de mejora para comparar la situación actual con la propuesta y así evaluar los beneficios y ahorros generados.

Palabras clave:

Estudio de tiempo, optimización de operaciones, output de producción, Simio, simulación, prueba piloto.

Abstract

The operations and their processes are continuously developing, concluding in making the most of time. Under this premise, the company needs to optimize its production times in the coil cutting line in order to increase the line output at the lowest cost, which translates into carrying out the operation in the shortest possible time. The project consists of carrying out the study of the times of the processes that are part of the operation, identifying the bottleneck of the line, selecting the statistical model of the data to design and feed the simulation of the process by means of a software called Simio. Simio is a tool that allows us to simulate the current process and all its variants in order to find the best process execution method without investing significant amounts of flow through pilot tests. Identifying the most appropriate method for the operation, the improvement proposal will be established to compare the current situation with the proposal and thus evaluate the benefits and savings generated.

Keywords:

Time study, operations optimization, production output, Simio, simulation, pilot test

1. Introducción

La producción de flejes es una actividad necesaria debido a que el producto final de esta operación compone diferentes estructuras de los sectores del país tales como escuelas, casas, edificios, estructuras gubernamentales, universidades y demás.

Por lo antes mencionado, la empresa que es sujeto de estudio de esta investigación pertenece a la industria de metalurgia. Actualmente para el proceso de producción de flejes es primordial iniciar con el corte de bobinas de acero. Para este fin se utiliza la máquina slitter, la cual tiene una capacidad de 10TN.

El sistema de corte del slitter utiliza cuchillas de acero XW41 las cuales una vez que pierden el filo se deben enviar al taller a rectificarlas. No se lleva registro del tiempo de vida útil de las cuchillas por lo tanto el operador se percata que las cuchillas dejan de tener filo cuando está cortando y el fleje le está saliendo con rebaba ocasionando reducción de velocidad durante el corte y reproceso por rebaba en el proceso de la perfiladora.

En esta máquina trabajan 2 personas, el operador y el ayudante. _ Debido a que no existe plan de capacitación al personal, se generan tiempos extendidos por cambio de armado cuando el operador se enferma o sufre algún tipo de accidente, porque el ayudante no tiene la suficiente experticia para cambios de armado en la maquinaria, en el mejor de los casos si la maquinaria queda armada el ayudante puede seguir trabajando con normalidad, pero no puede realizar cambios de armado que satisfagan los requerimientos de pedidos especiales.

Todo lo antes mencionado originado en la línea de producción de corte de bobinas, impide a la empresa cumplir con el plan de producción, origina atrasos en el cumplimiento del plan de distribución, ocasionando un cliente insatisfecho, así como también baja productividad en la línea. _ Por estas razones, la presente investigación busca proponer mejoras en el proceso productivo en el corte de bobinas de acero para reducir el impacto que causan estos problemas.

2. Determinación del problema

2.1 Situación Problemática

Durante la operación de la máquina se evidencia que el operador al colocar una bobina solo se guía por el peso de la etiqueta de la bobina, procede a cortar y al final del corte tiene que trasladar los flejes. _ El transporte de flejes va desde el carro final de la máquina hasta la balanza romana de 5 toneladas en donde se pesan los flejes y se realiza el etiquetado con su respectivo peso, por lo tanto, en esta situación el operador debe de realizar tres viajes con los flejes dando lugar a 20 minutos de tiempo perdido por máquina parada, donde el ayudante no puede iniciar cortar otra bobina debido que el brazo de la máquina se colapsa.

Mientras se realiza el proceso de corte de bobina, hay un enrollador que recolecta el reborde de la bobina (merma generada del proceso), una vez que se llena se tiene que detener el proceso de corte, para desalojar el desperdicio y retomar el proceso de producción en este proceso hay una para de 5 a 10 minutos.

La máquina slitter tiene un motor principal el cual funciona con una tarjeta electrónica obsoleta, la cual no se fabrica desde hace 40 años por lo tanto para mantener operativa la máquina, se trató de fabricar una tarjeta electrónica de manera artesanal, de la cual los creadores son 2 ingenieros en electrónica de avanzada edad y uno de ellos falleció por lo pandemia, ahora con una sola persona trabajando se complica armar la tarjeta. Actualmente no se tiene una tarjeta de reemplazo.

2.1.1 Problema General

¿Cómo se puede mejorar la eficiencia de la línea de producción de corte de bobinas de acero?

2.1.2 Problema Específicos

- ¿Cuál es el diagnóstico inicial en los procesos productivos de corte de bobinas de acero?
- ¿Qué mejora se le puede realizar a la línea de corte de bobinas de acero?
- ¿Cómo planificar el mantenimiento de la línea de corte de bobinas de acero?
- ¿Cómo hacer una capacitación efectiva al personal?

2.2 Justificación de la investigación

Con la finalidad de mejorar la eficiencia de la línea mediante la reducción de tiempos muertos, estudio de operaciones y condiciones de la maquinaria se propone la mejora de la línea de producción de corte de bobinas de acero en una empresa del sector metalmecánica que nos servirá para incrementar el número de bobinas cortadas por día y a su vez aumentar la capacidad instalada de la planta ya que la máquina slitter es la que alimenta al resto de máquinas de los procesos que continúan. Con el aumento de la capacidad instalada se pretende abarcar más mercado en comparación al actual y así poder abastecer a más puntos de ventas a nivel nacional.

De esta mejora en la línea de producción mencionada se espera beneficiar a todo el personal involucrado en el área de producción y abastecimiento, así como también a la empresa de forma general debido a que se tendrán más flejes cortados para poder comercializar.

También se pretende resolver los problemas presentados durante la operación como la fatiga del ayudante y operador por transporte de flejes, por no tener un sistema adecuado de transportación de bobinas.

Se llenarán vacíos de conocimiento que existan en el ayudante de la máquina por medio de la propuesta del plan de capacitación para el manejo de la máquina, así como también se impulsará su crecimiento laboral por un mejor desempeño.

Por medio de recolección y análisis de datos se estimará el tiempo de vida útil de las cuchillas de la máquina logrando así reducción en el costo de las cuchillas porque con este estudio se evitará el desgaste prematuro de las cuchillas enviando a tiempo para rectificarlas antes del desgaste total.

2.2.1 Objetivos General

Proponer mejoras en la línea de producción de corte de bobinas de acero, a través de actualizaciones a los componentes de la maquinaria y estableciendo procedimientos de trabajo para incrementar la eficiencia.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los factores que inciden en la eficiencia y la productividad de la organización a través de un estudio de tiempos.
- Analizar los puntos críticos del proceso de corte de bobinas de acero, y realizar mejoras en procedimientos de trabajo como también a componentes del equipo.
- Identificar y analizar los componentes de la maquinaria a través del teorema de Pareto que afectan al proceso.
- Diseñar un plan de acciones que permitan mejorar la productividad en la línea corte de bobinas de acero para evitar tiempos muertos y reducir costos.

3. Marco teórico referencial

Para interpretar en su totalidad el concepto de productividad es recomendable tener clara la naturaleza del territorio en donde tiene lugar la operación: la línea de producción de corte de bobinas de acero en una empresa del sector metalmecánica es en donde se basa el desarrollo de este estudio (Baca Urbina, 2013).

Tener como dato siempre que la productividad es una de las variables la cual evalúa el desempeño de las corporaciones, al igual que la calidad, la eficiencia, la competitividad o la rentabilidad que generen estas (Baca Urbina, 2013).

En su concepto general, clásica, y más comúnmente operativa, la productividad (P) es entendida como la relación volumétrica, es decir, no dineraria, entre los resultados producidos y los insumos ocupados dentro de un periodo determinado (Baca Urbina, 2013).

La productividad tiene que ver como tal, con el resultado que se obtiene de un proceso o un procedimiento, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos, se trata de ser eficientes tratando de utilizar menos recursos para cumplir con un objetivo (Gutiérrez, 2010). _ En general, la productividad se mide por el coeficiente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. _ Los resultados pueden medirse en unidades producidas, en artículos vendidos o en utilidades, mientras que los recursos utilizados, pueden cuantificarse por número de empleados, tiempo total empleado, horas máquina, etc._ En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados (Gutiérrez, 2010).

La productividad es una medida que puede utilizarse para conocer qué tan bien están ocupando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios.

La productividad es lo que se conoce como: una medida relativa; es decir, eso significa que, se debe comparar con otro elemento (Chase, Jacobs, 2009).

3.1 Importancia de la productividad

Es importante evaluar, desde el punto de vista práctico y económico, ciertos ajustes que varían constantemente en los ambientes industriales y de negocios. _ Por lo tanto, estas modificaciones incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el aumento del sector servicios, el uso de equipos electrónicos en todas las operaciones de la empresa (Niebel, 2014).

El principal objetivo de una organización es la satisfacción del cliente, al proporcionar un producto o servicio que satisfaga o exceda su demanda y las expectativas como consumidor, en el momento y en la cantidad en que lo necesita, con la mejor calidad, al precio justo y con la mejor atención posible (Medina, 2020).

La única forma en que un negocio o empresa puede obtener mejores ganancias es mediante el incremento de su productividad. La mejora en la productividad se refiere al aumento en la cantidad de la producción por hora de trabajo invertida (Niebel, 2014).

Las herramientas valiosas que generen un incremento en la productividad incluyen métodos, estudios de tiempo estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo (Niebel, 2014).

La innovación tiene un gran impacto de importancia para la evolución a nivel micro y macroeconómico, como se ha sustentado a través de diferentes sustentos académicos y la opinión de directivos de las empresas de diferentes países (Arraut, 2010).

La productividad es un factor fundamental para el incremento de la competitividad en el mercado laboral, el cual debe mantener una estrecha relación con la rentabilidad (Morales Sandoval & Masis Arce, 2014).

Actualmente en el mundo se solicita una mayor productividad y competitividad a las organizaciones para adentrarse en los mercados y lograr captar clientes (Gómez, 2011).

Uno de los temas más polémicos dentro de la comunidad científica es el relacionado a cuál de las categorías –eficiencia o eficacia- utilizar para evaluar la gestión de las organizaciones; pero al finalizar el debate se concluye que la eficacia organizacional es la más aceptada (Fontalbo Herrera y otros., 2017)._Esta polémica tiene su génesis en la conceptualización y operacionalización de estas categorías hechas por representantes de diversas disciplinas de las ciencias. Esta investigación concluye que es el término “eficacia organizacional” el más indicado para evaluar la gestión organizacional y describe los distintos modelos que se han utilizado para evaluarla (Fontalbo Herrera y otros, 2017).

3.2 Herramientas para el estudio de tiempos

El éxito del estudio de tiempos viene dado por las herramientas que se utilizan para realizar la actividad, debido a esto es importante utilizar herramientas que nos permitan registrar los datos de forma precisa, clara y ordenada (Bryan Salazar, 2019).

Las herramientas para utilizar podrían ser:

- Cronómetro.
- Tablero de observaciones.
- Formatos de registro de información.

3.2.1 Cronómetro

Para el estudio de tiempos se tienen dos tipos de cronómetros a utilizar de acuerdo con lo comunicado por La Oficina Internacional del Trabajo:

Se debe considerar que los cronómetros son instrumentos de medición que pueden presentar desviaciones y es necesario calibrarlos para el caso de los mecánicos y revisar su batería para el caso de los electrónicos.

3.2.2 Tablero para formularios

Esto consiste en un tablero plano y rígido que puede ser de diferentes tipos de materiales en donde su propósito principal es dar estabilidad, a la persona que registra los tiempos, de apoyar el formato en donde se registra la información (Bryan Salazar, 2019).

3.2.3 Formatos para el registro de la información

Durante el estudio de tiempos surgen varias observaciones que pueden ser relevantes para el proceso, por lo cual deben ser registradas. En la toma de tiempos se debe registrar la descripción de los elementos, eventualidades del proceso, duración de los elementos, valoraciones, notas y nuevas adaptaciones con el objetivo de tener claro el desarrollo del proceso y su duración. Debido a esto, es necesario que exista un formato normalizado para los registros (Bryan Salazar, 2019).

3.3 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que permite realizar el análisis de los datos levantados sobre los motivos que desencadenan un problema, ayudando a identificar los puntos más relevantes que afectan al proceso u operación.

Esta herramienta fue diseñada por un sociólogo, economista y filósofo italiano llamado Pareto (Universidad nacional de Córdoba, 2021).

La herramienta se basa en considerar que el 20% de las causas produce el 80% de los efectos. Se identifica ese pequeño porcentaje de causas vitales para actuar prioritariamente sobre ellas.

Esta técnica se caracteriza por:

- Clasificar los elementos desde el más frecuente hasta el menos frecuente.
- Mostrar visualmente en orden de importancia, la contribución de cada elemento en el efecto total.
- Clasificar las oportunidades de mejora.

Para hacer uso de la herramienta se debe:

- Describir el problema.
- Identificar las variables que influyen al desarrollo de este.
- Seleccionar las variables a analizar.
- Seleccione el período de tiempo en que va a medir los datos.
- Recolectar los datos de las variables.

3.4 Maquinaria de corte longitudinal Slitter

El Por medio de un PLC programable, se envía la señal a todos los motores de la máquina, se controlan los variadores de frecuencia, y el recolector de scrap (Sunfone, 2011).

La maquinaria consta de un brazo desenrollador en el cual se coloca la bobina de acero, al girar va enviando la lámina de acero al sistema de cuchillas, estas cuchillas se encuentran colocadas de acuerdo al ancho que se desea cortar, la lámina una vez cortada recibe el nombre de fleje, esta a su vez pasa por un tensor, el cual se encarga de darle presión y servir como guía para que los flejes no se crucen, al final llegan a un brazo enrollador el cual se encarga de recibir todo el materia cortado (Sunfone, 2011).

3.5 Balanzas colgantes para puentes grúa

Esta balanza permite medir el peso de uno o varios elementos con una capacidad de 10tn estas se colocan en el gancho del puente grúa (Vesta, 2019).

3.6 Mantenimiento Preventivo

Se considera como mantenimiento preventivo a la operación de verificar de manera ordenada y bajo ciertos parámetros a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc....) para eludir daños generados por uso, desgaste o paso del tiempo, los cuales afectan de manera directa al ciclo de la producción (Vidal, 2021).

El mecanismo de la gestión del mantenimiento nace de la necesidad de dar las herramientas e información necesaria para la toma de decisiones (Espinosa y otros, 2008).

3.7 Motor Trifásico 4P, 100HP, 220/380/440V, IE3

Kraft Mann

Los motores trifásicos de inducción tipo jaula de ardilla, diseñados para ofrecer no sólo un consumo de energía significativamente menor, sino también menor ruido y vibración, más confiabilidad y sencillo mantenimiento (Motorex, 2021).

Cuentan con robusto diseño que les permite ser utilizados junto con equipos de protección y control, tales como, arrancadores directos, fusibles ultrarrápidos, arrancadores suaves, variadores de velocidad, etc. Diseñados bajo estándares IEC, en clases de eficiencia IE2 para potencias menores a 25HP y eficiencia IE3 para todas las demás. Poseen un índice de protección al polvo y humedad IP56 y son fabricados en carcasas de fierro fundido y aluminio (Motorex, 2021).

3.8 Reseña histórica de la empresa

La empresa inicia sus labores mediante la fabricación de una máquina perfiladora, la cual contiene 10 pasos, permitiendo que la lámina de acero vaya tomando forma a través de cada paso, esta metodología se conoce como Rollformer.

La materia prima se compra localmente y es cortada en la medida necesaria para fabricar un perfil de acero, de forma que se fabriquen dos máquinas del mismo tipo. Se opta por comprar un slitter, la cual es la máquina encargada de cortar la bobina de acero para sacar como producto en proceso unos flejes de acero, mismos que se cortan a medida para la fabricación de cada perfil.

4. Metodología, medición y análisis

4.1 Investigación Aplicada

La Investigación aplicada se basa al estudio científico que trata de buscar una solución a problemas de una operación de día a día. Se utilizará para realizar las propuestas de mejoras en la línea de producción de corte de bobinas de acero en una empresa del sector metalmecánica, tratando de reducir tiempos de operación, mejorando la calidad, mejorando la productividad y reduciendo los costos del proceso (Castillo, 2020).

4.2 Tipo de Investigación No experimental

Dentro de esta investigación no experimental se observarán los eventos que se realizan en el proceso, tratando de describirlos y analizarlos buscando la eficiencia y eficacia para tener mejoras y obtener un mejor rendimiento (Romero Castro y otros, 2018).

Dentro del enfoque de la investigación aplicada, se utilizará la investigación tecnológica aplicada cuyo principal objetivo es mejorar la eficiencia de un sector productivo por medio de la mejora de procesos y maquinaria para garantizar una mejor rentabilidad (Lozada J, 2016).

4.3 Método de investigación analítico

Se estudiará cada uno de los componentes del proceso, para su mayor comprensión y tomar decisiones para las mejoras del proceso (Lozada J, 2016).

4.4 Determinación de la muestra

Como muestra se tiene la maquinaria Slitter, el tipo de muestreo que se realizará será no probabilístico mediante muestra de expertos para pretender mejorar un proceso industrial.

4.5 Tipos de instrumentos de investigación

Las técnicas que se emplearán para la recolección de la información son: encuesta, entrevista, y observaciones.

Como instrumentos de investigación se utilizarán calibrador, micrómetro, entrevista, libreta, cámara, cronómetro y reportes de control.

4.6 Tratamiento de la información

Se procesará la información por medio de programa de Minitab, en el cual se realizará gráficos de series de tiempo, gráficos de dispersión, histogramas, para observar el comportamiento de los datos, en un periodo de 8 horas laborables.

Se utilizará el simulador Simio en donde se pueden ingresar los datos obtenidos a través del estudio, para lograr recrear una simulación del proceso actual y luego el proceso con la mejora para evaluar la capacidad en la que se mejora el proceso.

4.6.1 Sipoc

Mediante el uso de la herramienta Sipoc se logra identificar y visualizar los elementos clave del proceso, el cual se describe en la tabla 1.

Tabla 1

Identificación los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes de la línea de producción de corte de bobinas.

Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
-Bodega de materia prima. -Dpto de ventas. -Dpto de distribución	-Bobinas de acero galvanizado -Bobinas de acero negro A36 -Orden de compra -Plan de distribución	-Ajustar la bobina a la máquina -Armado de cuchillas con los anchos solicitados en la orden de compra -Pelar bobinas -Medir espesor del material	-Flejes galvanizados -Flejes negros A36	-Jefe de producción -Jefe de planificación y abastecimiento -Perfiladoras -Bodega de producto terminado

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 VOC

Para reconocer los requerimientos de los clientes se realizaron entrevistas a los jefes de las áreas involucradas, producción y abastecimiento, mediante el anexo #2 que es el cuestionario.

De las entrevistas se obtuvo las necesidades descritas en la tabla 2.

Tabla 2
Necesidades de la Voz del cliente

Voz del cliente	Quien	Que	Donde	Cuando	Por qué	Como	Necesidades elaboradas
Es importante cumplir con los programas de producción	Jefe de producción	Plan de producción	En la línea de producción de corte de bobinas	Durante la operación de la línea	Para cumplir con el plan de producción	Incrementando la producción de flejes	Incrementar el throughput de la línea
Tener el producto disponible en la cantidad y en el tiempo que el consumidor final lo requiere es el objetivo del departamento	Jefe de planificación y abastecimiento	Flejes	En la bodega de producto terminado	Durante la distribución del producto	Para satisfacer la necesidad del consumir final	Teniendo disponible el producto en bodega de materia prima	Incrementar los niveles de inventario
Disponibilidad el producto para distribución	Bodega de producto terminado	Flejes	En la bodega de producto terminado		Para satisfacer la necesidad del consumir final	Incrementando la producción de flejes	Incrementar los niveles de inventario
Se deben tener suficientes flejes para no tener tiempos muertos por paros no programados de la máquina	Perfiladoras	Flejes	En las perfiladoras	Durante la operación de la línea	Para cumplir con el plan de producción	Incrementando la producción de flejes	Incrementar el throughput de la línea

Fuente: Elaboración Propia

Reconociendo las necesidades de los clientes del proceso, se identifica que los planes de producción y el plan de distribución no se cumplen dado que existe un atraso en el corte de los flejes, que abastecen a las perfiladoras, y estas últimas son las que fabrican el producto terminado.

4.6.3 Medición

El objetivo de proyecto es incrementar la productividad de la línea de producción de cortes de bobinas para lo cual se estableció un plan de recolección de datos, dentro de las 8 horas laborables, para tener una referencia de cuantas bobinas deben de cortar diariamente los trabajadores, y mantener ese estándar.

Tabla 3
Medición de tiempo

Información para recolectar	Unidad	Tipo de data	Como es medido	Lugar de registro	Uso futuro
Tiempos de traslados de bobinas	minutos	cuantitativo	Contabilizando el tiempo transcurrido	línea cortador de bobinas	Cálculo del throughout de la línea cortadora de bobinas
Tiempo por pelado de bobina					
Tiempo de corte y codificación					
Tiempo de sacar el fleje					

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el estudio al tiempo en el proceso de corte de bobinas de acero, esto se realizó en la máquina slitter puesta en funcionamiento por un operador y un ayudante, la medición en el estudio se realiza con la observación, la cual se centra en el registro directo, en el formato previamente adaptado a la operación.

Al tener la ventaja de observar el proceso de forma directa y en vivo se entienden mejor las causas en el bajo rendimiento de la línea de producción de corte bobina. De este estudio se pueden proponer métodos que ayuden a incrementar

productividad y aprovechar la capacidad instalada, el estudio de tiempos fue realizado con cronómetro y un formato de registro que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Toma de tiempos de operación de corte de bobinas

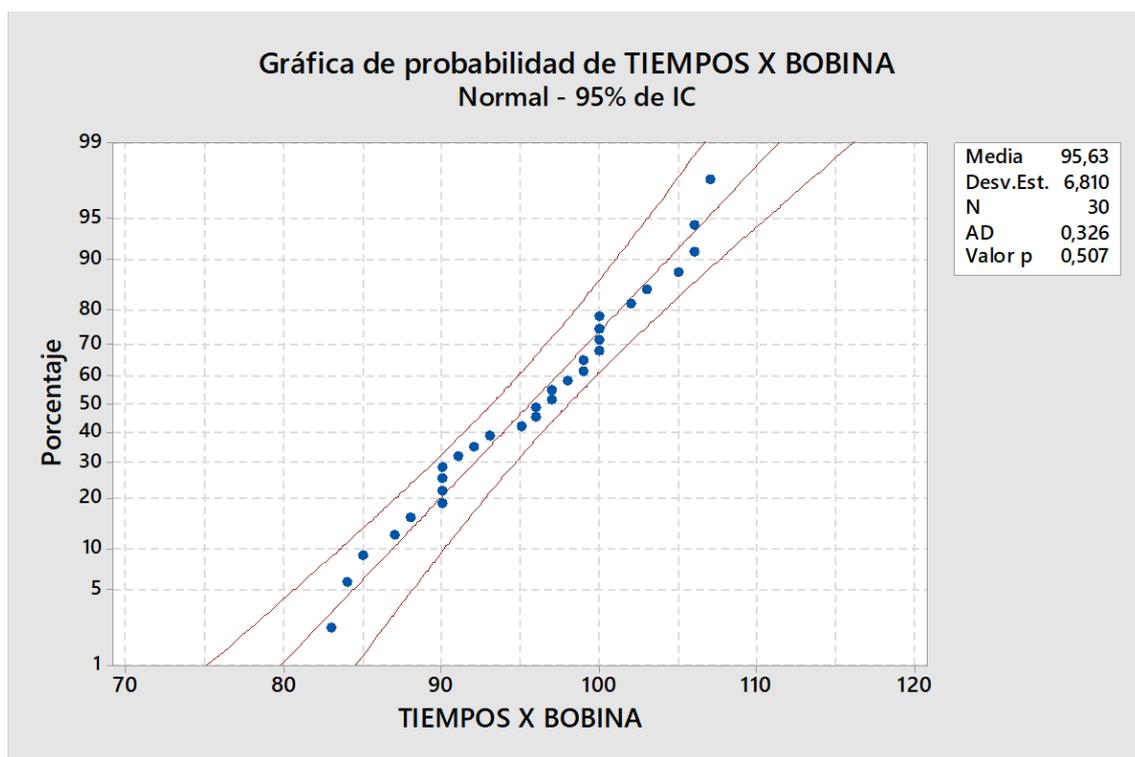
Estudio de tiempos					
Departamento: Producción					
Operación: Corte de bobinas					
No.	Descripción de la actividad				Tiempo total por observación
	Traslados de bobinas	Pelado de bobina	Corte y codificación	Extracción del fleje	
1	3	8	69	15	95
2	3	10	64	13	90
3	3	8	65	14	90
4	4	13	53	15	85
5	6	12	67	12	97
6	5	9	59	15	88
7	5	9	71	15	100
8	7	8	73	14	102
9	7	14	63	15	99
10	7	11	73	16	107
11	4	13	66	16	99
12	5	13	73	15	106
13	7	9	63	14	93
14	3	13	65	19	100
15	7	9	73	14	103
16	6	12	66	16	100
17	5	8	65	12	90
18	4	9	63	14	90
19	5	11	75	15	106
20	4	10	78	13	105
21	4	13	66	14	97
22	3	14	51	19	87
23	5	10	69	14	98
24	7	9	55	12	83
25	3	9	69	15	96
26	6	10	61	14	91
27	7	10	55	12	84
28	6	9	70	15	100
29	3	8	69	16	96
30	5	13	61	13	92
Tiempo promedio	5	10	66	15	96

Fuente: Elaboración Propia

Para llegar a un estándar se realizó, una toma de tiempos de 30 bobinas para ver cuál es el tiempo estimado, en el cual se cortan las bobinas de acero, dándonos un promedio de 96 minutos, lo que se puede obtener como conclusión es que en 8 horas laborables corresponden a 480 minutos por lo tanto con 96 minutos se alcanzan a cortar 5 bobinas.

Gráfico 1

Gráfica de probabilidad de tiempos por bobina



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en el gráfico 1 la probabilidad del proceso de corte de bobinas del programa Minitab la media de tiempos de corte de bobinas es de 96 minutos, con una desviación estándar de 6.810 que sería la variación de los datos.

4.7 Herramientas para el análisis de la información

4.7.1 Diagrama de Pareto

Se analizaron los tiempos asociados al proceso de corte de bobinas en la máquina slitter, para el análisis se omitió el tiempo de corte, porque es el tiempo propio de la máquina en donde no influye la mano de obra, se detallada los tiempos en tabla 5 para su respectivo análisis.

Tabla 5

Porcentaje de participación de elementos en el corte de bobinas

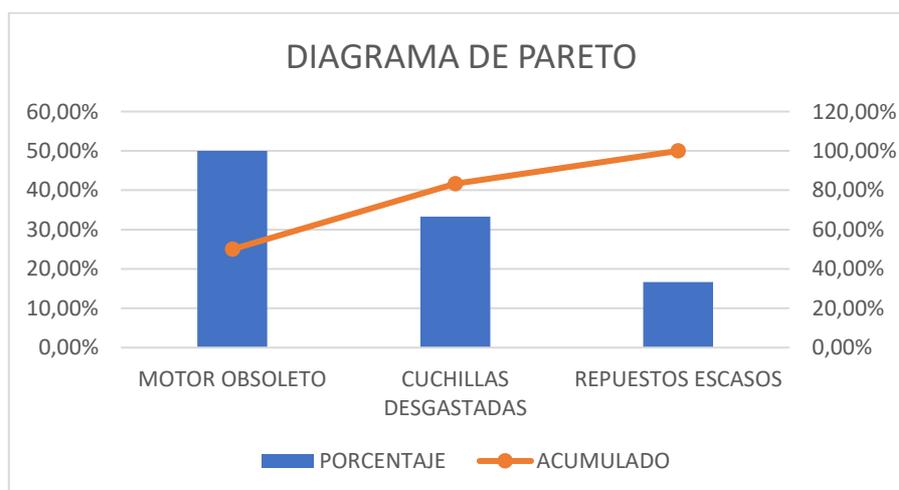
Porcentaje de participación en el corte de bobinas		
Componentes	Criterio	Participación del proceso
Motor obsoleto	3	50%
Cuchillas desgastadas	2	33%
Repuestos escasos	1	17%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5 se evidencia que el motor obsoleto tiene un 50 % de participación en el proceso, en el gráfico 2 mediante una representación, se evidencia que el defecto que afecta al 80% del proceso es el motor obsoleto, en caso de que se llegue a dañar paraliza totalmente la maquinaria.

Gráfico 2

Diagrama de Pareto tiempo de corte de bobinas

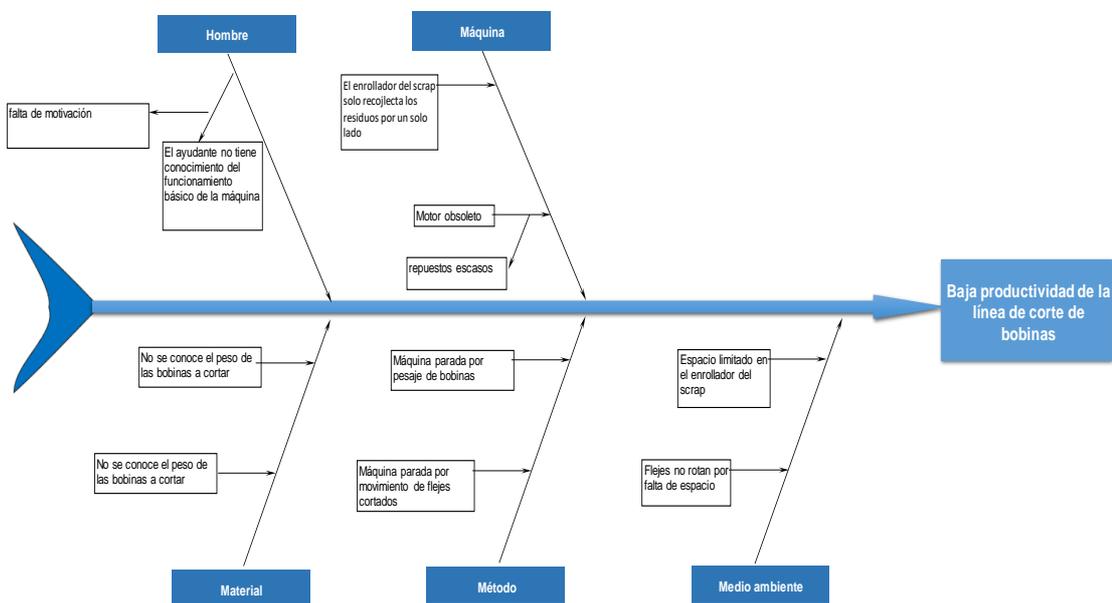


Fuente: Elaboración Propia

4.7.2 Diagrama de Ishikawa Proceso corte de bobinas

Del diagrama de Ishikawa, gráfico 3, se puede visualizar que el tiempo más representativo en el proceso de corte de bobinas es en el tiempo por extracción del fleje, por lo tanto, se realizó el análisis de causa raíz en el gráfico 3 para poder entender la causa de la baja productividad de la línea.

Gráfico 3
Diagrama de Ishikawa



4.7.3 Matriz de ponderación de causas

Por medio de las entrevistas se obtuvieron 12 potenciales causas relacionadas a la baja productividad de la línea de producción de corte de bobinas. Estas causas se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Matriz de ponderación de causas

No.	Causas
1	El ayudante no conoce como operar la máquina
2	El ayudante no tiene conocimiento del funcionamiento básico de la máquina
3	El enrollador del scrap solo recolecta los residuos por un solo lado
4	Motor obsoleto
5	Repuestos escasos
6	Falta de mantenimiento de la máquina
7	Cuchillas desgastadas
8	No se conoce el peso de las bobinas a cortar
9	Máquina parada por pesaje de bobinas
10	Máquina parada por movimiento de flejes cortados
11	Espacio limitado en el enrollador del scrap
12	Flejes no rotan por falta de espacio

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar la ponderación de las causas descritas en la tabla 6, se reunió a los participantes del proceso para calificar, las causas potenciales bajo el criterio de la tabla 7.

Tabla 7

Tabla de criterios

Relación	Puntaje
Ninguna	0
Baja	1
Media	3
Alta	9

Fuente: Elaboración Propia

Los participantes del proceso fueron:

- jefe de producción
- jefe de planificación y abastecimiento
- jefe bodega de producto terminado

El valor asignado a cada causa se obtuvo con la moda de las calificaciones otorgadas por los participantes a cada causa, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8
Calificaciones otorgadas por los participantes

No.	Causas	Participantes			Valor
		1	2	3	
1	El ayudante no conoce como operar la máquina	9	9	1	9
2	El ayudante no tiene conocimiento del funcionamiento básico de la máquina	3	1	3	3
3	El enrollador del scrap solo recolecta los residuos por un solo lado	9	9	9	9
4	Motor obsoleto	9	9	9	9
5	Repuestos escasos	1	3	1	1
6	Falta de mantenimiento de la máquina	3	3	3	3
7	Cuchillas desgastadas	9	3	3	3
8	No se conoce el peso de las bobinas a cortar	3	3	1	3
9	Máquina parada por pesaje de bobinas	9	9	9	9
10	Máquina parada por movimiento de flejes cortados	9	9	9	9
11	Espacio limitado en el enrollador del scrap	9	9	3	9
12	Flejes no rotan por falta de espacio	9	3	9	9

Fuente: Elaboración Propia

5. Resultados y discusión

5.1 Descripción

Luego de identificar las causas potenciales se plantearon las propuestas de mejora. En la tabla 9 se detallan las soluciones con el costo respectivo de implementación.

Tabla 9
Causas potenciales y propuestas de mejora

Causa Raíz	Propuesta de Mejora	Costo
No se puede evidenciar el peso real de cada bobina.	Balanza tipo grúa 10 TN	\$853
Scrap de recolección de la chatarra de los bordes del corte de bobina es de poca capacidad.	Hacer un trompo de 2 ejes para la recolección de los bordes	\$900 - \$1200
Motor obsoleto con más de 30 años, dirigido por una tarjeta fabricada de manera artesanal, sin las respectivas protecciones de voltajes.	Destinar el gasto de mantenimiento del motor, en una inversión de un motor de mayor capacidad y que sea de tecnología reciente.	\$7600
Las cuchillas del slitter se utilizan hasta gastar todo el filo de las mismas, no se hace a tiempo el rectificado de las Cuchillas	Capacitar al personal para que lleve el registro de los kilos procesados, y que tengan en cuenta cuando deben de enviar cuchillas a rectificar	\$150
El ayudante no opera al 100% el slitter por lo tanto en ausencia del operador, el proceso se detiene	Capacitar al ayudante del slitter de manera teórica y práctica el uso del slitter	\$300
AL terminar de cortar la bobina, el tiempo de sacar los flejes es Elevado	3 Brazos de acero, un motor 5hp con piñones y cadenas	\$7000

Fuente: Elaboración Propia

- Para lograr obtener un mejor control del peso de cada bobina, se debe de considerar la opción de conseguir una balanza tipo grúa de 10TN con el cual se podrá conocer de manera exacta el peso de cada bobina al momento que se las baja de una plataforma, para colocar en su sitio de almacenamiento. Actualmente se pesa en una balanza camionera y como viene más de una bobina, se desconoce cuál es la bobina que presenta diferencia de peso, en la figura 1 se visualiza la balanza tipo grúa.

Figura 1

Balanza tipo grúa



Fuente: Modelo de balanza en el mercado ecuatoriano

- En el enrollador del scrap se podría hacer una reingeniería, debido a que el espacio es limitado se ha fabricado de tal manera que solo se puede coger un lado la chatarra. Lo ideal es elevar el enrollador y colocar otro eje que pueda acumular la chatarra para que de esta manera no tengan que parar en la operación de la máquina. Si el operador y ayudante están cortando la bobina, el puentero del área puede llevarse la chatarra sin parar el proceso, en la figura 2 se visualiza el recolector scrap.

Figura 2

Recolecto de scrap (merma)



Fuente: Empresa analizada para las mejoras

- El motor que se tiene está obsoleto en el mercado, por lo que si se necesita un repuesto para el mismo es difícil de conseguir, adicional que los interpolos del motor están dañados y utiliza una tarjeta fabricada de manera artesanal. _ Solo existe una persona que fabrica este tipo de tarjetas, por lo tanto, se debe hacer una inversión, y comprar un nuevo motor para evitar gastar por reparar un motor saliendo más caro que uno nuevo. La propuesta de motor que es de mayor potencia es un motor DC 440 V de 110 KW a un precio de \$2600 incluido el arranque, en la figura 3 se observa el motor DC 440V 110kW 100hp.

Figura 3

Motor DC 440V 110KW



Fuente: Oferta del motor de la Cia. Termomatic

- Un tema importante y el cual se le debe de prestar atención es al mantenimiento de la maquinaria, la cual posee un juego de cuchillas las cuales van perdiendo filo a medida que se van cortando bobinas, no se ha realizado una estadística y control para tener el dato exacto, cuantos kilos se pueden cortar antes de que pierda totalmente el filo las cuchillas, y al momento de rectificar no se consume mucho material, hasta recuperarle el filo adecuado, también se debe de realizar mantenimientos preventivos como se visualiza en la tabla 10.

Tabla 10

Tabla para revisión de mantenimiento por toneladas procesada

ACTIVIDAD PROGRAMADA	50 TN	100 TN	150 TN	200 TN	250 TN
Rectificación de cuchillas			X		
Cambio de aceite del compresor				X	
Revisar aceite neumático de unidades de mantenimiento		X			
Cambio y limpieza del tanque de refrigerante					X
Engrasar máquina			X		
Cambio de filtros de aire				X	
Limpieza de tablero eléctrico			X		
Revisión de niveles de aceite hidráulico en centrales	X				
Revisión de fugas de aire en la red	X				
Ajuste de pernos en toda la maquinaria					X
Revisión de carros porta bobina				X	
Limpieza general de maquinaria					X

Fuente: Elaboración Propia

Se debe capacitar al ayudante del slitter, en caso de ausencia del operador, este pueda asumir este papel y poder operar el equipo, estas prácticas se deben de realizar cuando el volumen de producción no sea tan elevado, se deben hacer preguntas y dejarlo operar el equipo.

- Se debería implementar un trompo en la parte final del enrollador para que, de esta manera al finalizar el proceso de corte, se pueda rotar los flejes hacia un lado y para que en la siguiente recámara se pueda poner la nueva producción de flejes y que no obstaculice la producción del siguiente corte de bobina , al quedar lleno en tres partes, podría ir sacando el ayudante los paquetes , y quedarse unos minutos solo el operador en la máquina, de tal manera se ahorraría tiempo en el proceso, permitiendo dar mejor uso a este recurso que es el tiempo. Por ejemplo, el operador podría tomar mejor las mediciones del recubrimiento del material, observar si el corte es del ancho deseado, se reduciría las horas extras del personal por la demanda elevada de la maquinaria debido que es la que abastece a las demás

maquinarias que serían las perfiladoras, se podría tener mejor control de los mantenimientos que necesita la máquina, el operador debería estar más atento a los posibles fallos de la maquinaria, en la figura 4 se puede observar el trompo de recolección de flejes.

Figura 4

Trompo para recolección de flejes



Fuente: Elaboración propia

5.2 Simulación programa Simio escenario 1

Una vez que se termina de parametrizar el modelo en el programa de Simio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Durante una jornada de 8 horas la capacidad del slitter, al cortar bobinas, es de 5 bobinas, el corte de cada bobina es de 96 minutos en promedio, se utilizó el formato del anexo #3.

Los tiempos segmentados en promedio son los siguientes:

- Traer bobinas = 5 min
- Pelar bobinas = 10 min
- Nebrar, cortar y codificar = 66 min
- Sacar flejes del enrollador = 15 min
- Tiempo Total = 96 minutos

Figura 5

Simulación del proceso actual en simulador Simio

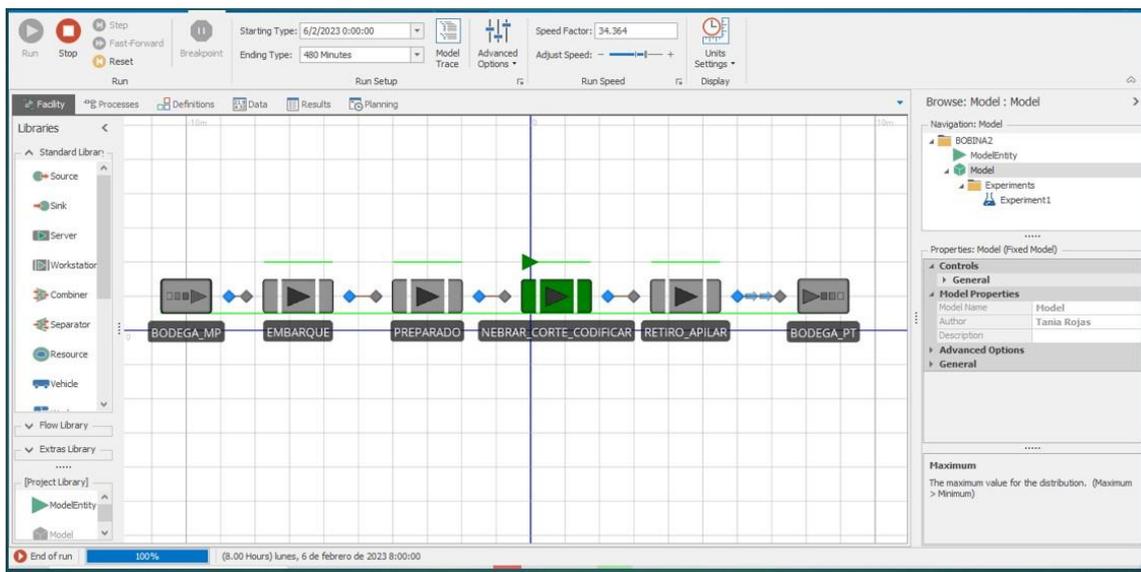
Average						Drop Column Fields Here			
Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Average Total			
Workstation	RETIRO_APILAR	[Resource]	Capacity	UnitsUtilized	Average	0.0865			
					Maximum	1.0000			
			ResourceState	TimeProcessing	Average (Hou...	0.1384			
					Occurrences	5.0000			
					Percent	8.6484			
					Total (Hours)	0.6919			
			TimeStarved		Average (Hou...	1.2180			
					Occurrences	6.0000			
					Percent	91.3516			
					Total (Hours)	7.3081			
			InputBuffer	Throughput		NumberEntered	Total	5.0000	
						NumberExited	Total	5.0000	
			OutputBuffer	Throughput		NumberEntered	Total	5.0000	
						NumberExited	Total	5.0000	
		Processing	Content		NumberInStation	Average	0.0865		
						Maximum	1.0000		
			HoldingTime	TimeInStation		Average (Hou...	0.1384		
						Maximum (Ho...	0.1561		
						Minimum (Hou...	0.1186		
Throughput			NumberEntered	Total	5.0000				
			NumberExited	Total	5.0000				

Fuente: Elaboración Propia

Simulación en Simio: Como se observa en la figura 5 en Inputbuffer-Throughput-numberentered = 5 representa la cantidad de bobinas que actualmente se cortan en el proceso.

Figura 6

Representación del modelo de corte de bobinas en forma 2D

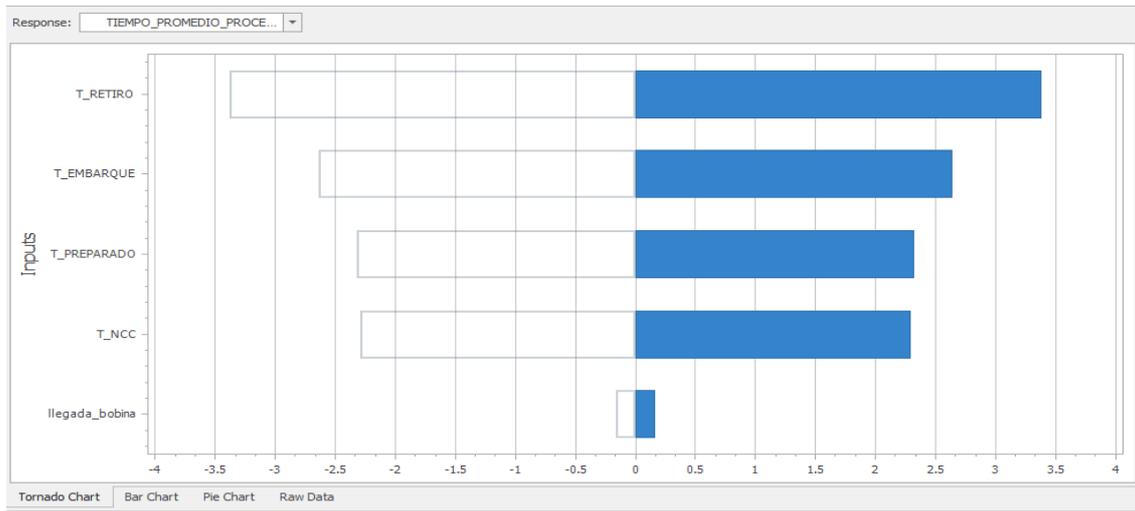


Fuente: Elaboración Propia

En la figura 6 se puede visualizar, un esquema en 2D del simulador simio, y como se debe de colocar los elementos, para la simulación.

Gráfico 4

Diagrama de tornado simulación escenario 1 (actual)



Fuente: Elaboración Propia

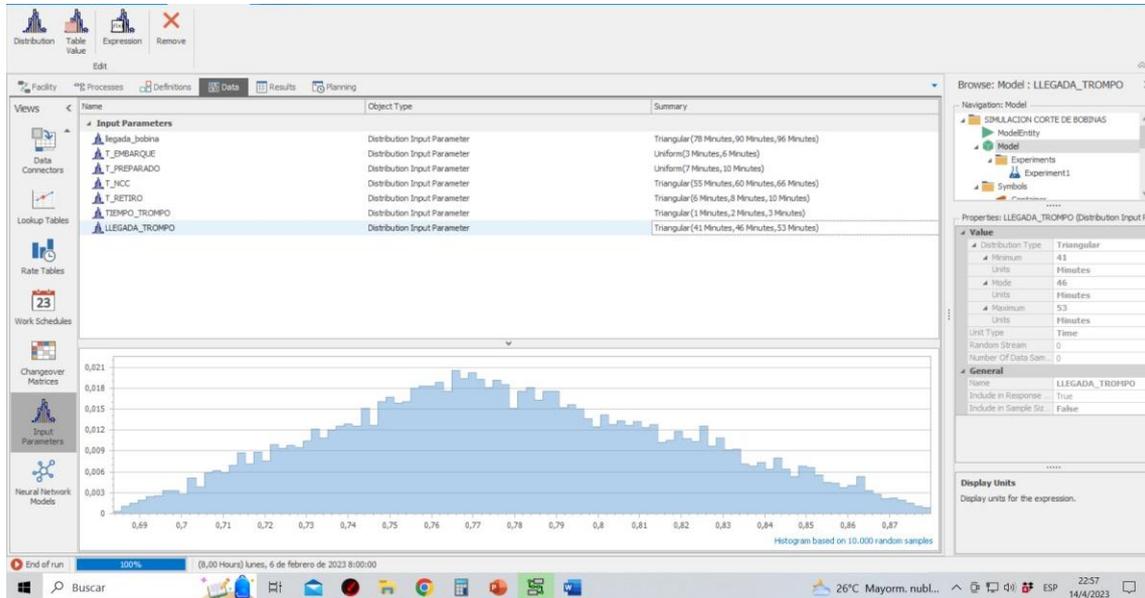
Se puede visualizar en el gráfico 4 el diagrama de tornado, la actividad que mayor tiempo consume es el retiro de los flejes, realizando las mejoras en el proceso esta gráfica va a otorgarnos otro tipo de resultado.

5.1 Simulación programa Simio escenario 2

En la figura 8 se observa los resultados de las mejoras en donde se incluyen los cambios del motor y la adición del trompo para apoyo del almacenamiento de bobinas.

Figura 7

Simulación escenario 2 con las mejoras



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 7 se puede observar, al momento de realizar las mejoras del motor y del trompo para el almacenamiento de los flejes los tiempos de cortar una bobina se reducen a 41 minutos como mínimo y como máximo 53 minutos en cortar una bobina.

Tabla 11

Escenario de toma de tiempos con las mejoras

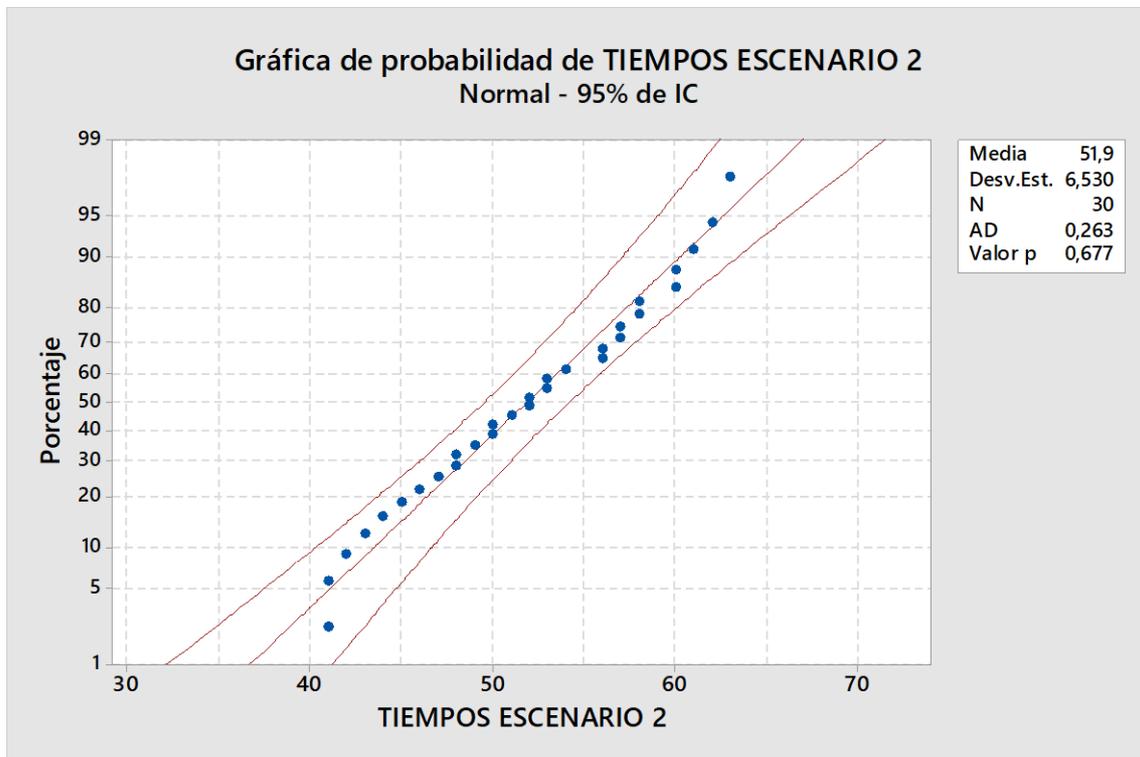
Estudio de tiempos Escenario 2					
Departamento: Producción					
Operación: Corte de bobinas					
No.	Descripción de la actividad				Tiempo total por observación
	Traslado de bobinas	Pelado de bobina	Corte y Codificación	Extracción del fleje	
1	3	8	30	0	41
2	3	10	39	0	52
3	3	8	29	12	52
4	4	13	24	0	41
5	6	12	32	0	50
6	5	9	26	13	53
7	5	9	31	0	45
8	7	8	36	0	51
9	7	14	27	15	63
10	7	11	39	0	57
11	4	13	36	0	53
12	5	13	27	15	60
13	7	9	45	0	61
14	3	13	32	0	48
15	7	9	32	14	62
16	6	12	29	11	58
17	5	8	33	0	46
18	4	9	29	14	56
19	5	11	31	0	47
20	4	10	36	0	50
21	4	13	29	14	60
22	3	14	32	0	49
23	5	10	28	0	43
24	7	9	29	12	57
25	3	9	42	0	54
26	6	10	32	0	48
27	7	10	27	12	56
28	6	9	29	0	44
29	3	8	31	0	42
30	5	13	27	13	58
Tiempo promedio	5	10	32	5	52

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la tabla 11 que con las mejoras se aprovecha mejor el tiempo de corte, analizando el tiempo de corte de 30 bobinas, se obtiene un tiempo promedio de 52 minutos, lo que quiere decir que en un día de trabajo se puede cortar 7 bobinas, quedando tiempo para poder realizar inspecciones a los flejes.

Gráfico 5

Gráfica de probabilidad de tiempos escenario 2



Fuente: Elaboración Propia

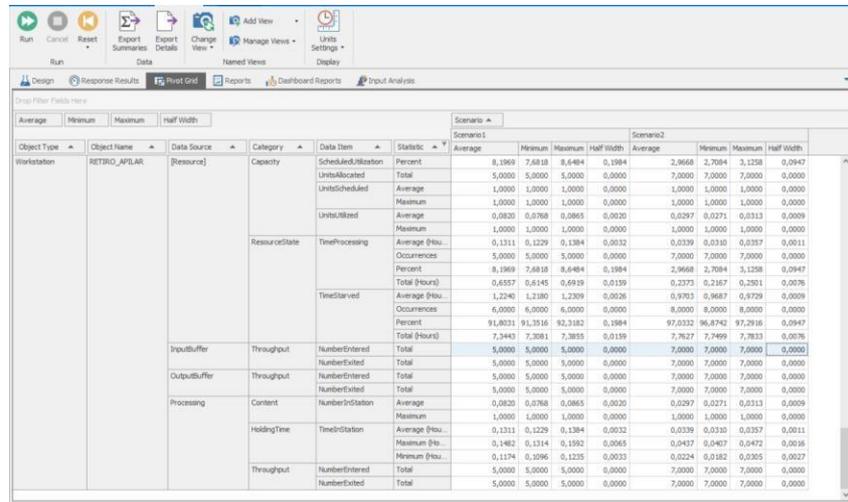
Se puede visualizar en el gráfico 5 los tiempos finales en promedio para el corte de bobinas es de 52 minutos por bobina, teniendo una desviación estándar de 6.53 donde los datos se desvían del promedio.

En la figura 8 se evidencia la comparación del escenario 1 y 2, al momento de simular se obtiene la siguiente información:

- Escenario 1 se pueden cortar 5 bobinas.
- Escenario 2 se pueden cortar 7 bobinas, y hay tiempo para hacer una inspección al material cortado.

Figura 8

Comparación escenario 1 y 2 con Simulador Simio

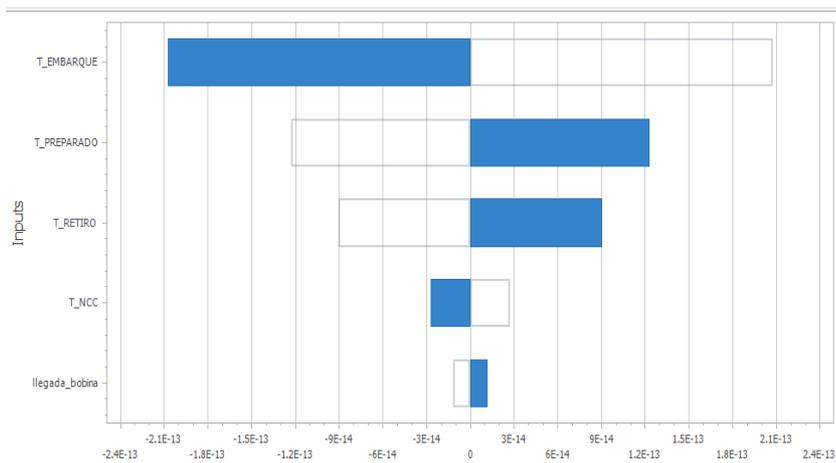


Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic	Scenario1				Scenario2			
						Average	Minimum	Maximum	Half Width	Average	Minimum	Maximum	Half Width
Workstation	RETIRO_APLAR	Resource	Capacity	ScheduledAllocation	Percent	8,1969	7,6818	8,6484	0,1984	2,9668	2,7084	3,1258	0,0947
				UnitsAllocated	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000
				UnitsScheduled	Average	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000
				UnitsScheduled	Maximum	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000
				UnitsFilled	Average	0,0820	0,0768	0,0865	0,0020	0,0297	0,0271	0,0313	0,0009
				UnitsFilled	Maximum	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000
			ResourceState	TimeProcessing	Average (Hou)	0,1311	0,1229	0,1384	0,0032	0,0339	0,0310	0,0357	0,0011
					Occurrences	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000
					Percent	8,1969	7,6818	8,6484	0,1984	2,9668	2,7084	3,1258	0,0947
					Total (Hours)	0,6557	0,6145	0,6939	0,0159	0,2373	0,2167	0,2301	0,0076
					Average (Hou)	1,2246	1,2180	1,2391	0,0028	0,9703	0,9687	0,9729	0,0009
					Occurrences	6,0000	6,0000	6,0000	0,0000	8,0000	8,0000	8,0000	0,0000
TimeStarved	Percent	Occurrences	91,8031	91,3516	92,3182	0,1984	97,0332	96,8742	97,2916	0,0947			
		Total (Hours)	7,3443	7,3081	7,3855	0,0159	7,7627	7,7499	7,7833	0,0076			
		Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000			
		NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000		
		NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000		
		NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000		
Processing	Content	NumberInStation	Average	0,0820	0,0768	0,0865	0,0020	0,0297	0,0271	0,0313	0,0009		
			Maximum	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000		
			Average (Hou)	0,1311	0,1229	0,1384	0,0032	0,0339	0,0310	0,0357	0,0011		
			Maximum (Hou)	0,1482	0,1314	0,1592	0,0065	0,0407	0,0407	0,0472	0,0016		
			Minimum (Hou)	0,1174	0,1096	0,1235	0,0013	0,0224	0,0182	0,0305	0,0017		
			Occurrences	6,0000	6,0000	6,0000	0,0000	8,0000	8,0000	8,0000	0,0000		
Throughput	NumberEntered	Total	Occurrences	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000		
			Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000		
			NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000	
			NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000	
			NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000	
			NumberEntered	Total	5,0000	5,0000	5,0000	0,0000	7,0000	7,0000	7,0000	0,0000	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6

Diagrama tornado simulación 2

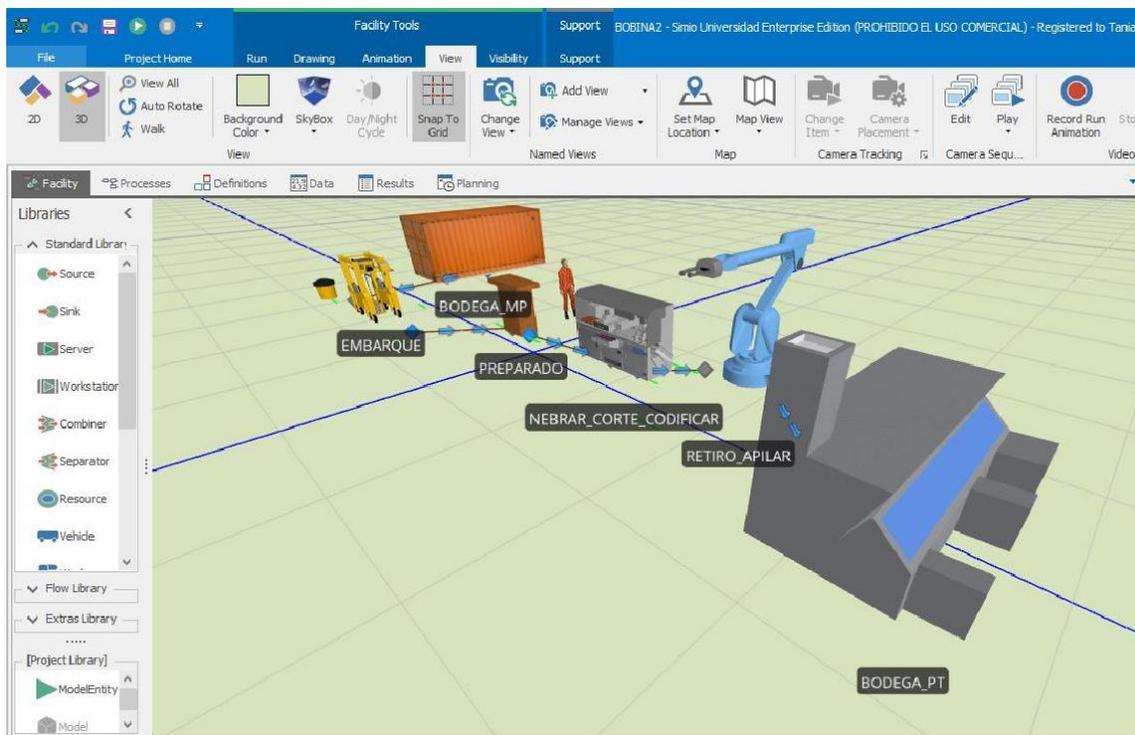


Fuente: Elaboración propia

Se puede visualizar en el gráfico 6, al realizar la mejora en el tiempo de retiro de flejes hubo una reducción de 44 minutos en el tiempo de corte por bobina, y ahora en el diagrama de tornado nos indica que el proceso que mas tiempo ocupa ahora es el tiempo de embarque o traslado.

Figura 9

Representación final del modelo de corte de bobinas en formato 3D del Simulador Simio



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en la tabla 12 la productividad en el corte de bobinas incrementa de 0,63 bobinas por hora a 1,15 bobinas por hora, lo cual se traduce en un incremento del 45% en la tasa de salida de la línea de producción.

Tabla 12

Comparación de escenarios

Tabla de comparación entre escenarios		
Actividades	Escenario 1	Escenario 2
Tiempo jornada laboral (horas)	8	8
Tiempo de corte por bobina (horas)	1,58	0,87
Unidades producidas en 8 horas	5	9
Productividad	0,63	1,15

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13 se puede visualizar la comparación de tiempos entre el escenario actual y el escenario con la propuesta de mejora, evidenciando una reducción de 44 minutos en el tiempo total del corte de una bobina.

Tabla 13

Comparación de tiempos

Comparación estudio de tiempos					
Departamento: Producción					
Operación: Corte de bobinas					
	Descripción de la actividad				Tiempo total (minutos)
Escenario	Traslado de bobinas	Pelado de bobina	Corte y Codificación	Extracción del fleje	
1	5	10	66	15	96
2	5	10	32	5	52

Fuente: Elaboración Propia

6. Conclusiones

Mediante la observación y medición se identificó que los tiempos de corte de bobina se incrementan hasta 96 minutos por bobina dando lugar a obtener solo 5 bobinas cortadas en una jornada laboral de 8 horas lo que se traduce en generación de horas extras para poder cumplir con los requerimientos del cliente. En base a las simulaciones de la propuesta de mejora, ejecutadas en el programa Simio, se logra reducir el tiempo de corte de corte por bobina a 44 minutos, obteniendo así 9 bobinas cortadas durante la jornada laboral regular. Se evidencia el incremento de la productividad en un 45%, cumpliendo con los objetivos del estudio tales como:

Mediante las propuestas de mejora el tiempo de corte por bobina se redujo de 96 minutos a 44 minutos, logrando un aumento al final del día en el corte de bobinas, que de 5 bobinas diarias pasarían a 9 bobinas diarias, pudiendo realizar controles de calidad dentro del corte de la bobina.

A través del estudio de tiempos se pudo identificar que la eficiencia de la línea se ve afectada por el tiempo excesivo en los cambios de bobina debido a que esta se detiene para hacerlo.

Por medio de una simulación con el programa Simio, con los datos obtenidos, se evidencia que la parte crítica del proceso es el retiro de flejes. Lo cual se mitiga por medio de la mejora de un trompo que reduciría el tiempo en que se demoran en sacar flejes, logrando aumentar la productividad y dar lugar a la inspección del proceso.

El 20% de los defectos que afectan al 80% del proceso es el motor obsoleto, en caso de que se llegue a dañar paraliza totalmente el proceso.

Diseñar propuestas de mejora que permitan mejorar la productividad en la línea de corte de bobinas de acero para evitar tiempos muertos y reducir costos, es otro de los objetivos de este estudio por lo cual la mejora de la productividad se basa en la colocación de un trompo en el slitter que le permita girar en ambos sentidos durante el proceso para no detener la máquina mientras se realiza el cambio de

bobina, adicional a esto se sugiere plan de capacitación al personal para la buena manipulación de las herramientas, así como también poder cubrir el puesto en caso de ausencia del operador principal.

Recomendaciones:

- Para la continuidad de la mejora se recomienda mantener al personal capacitado.
- Establecer metas de cumplimiento del plan diario de producción en base a las mejoras realizadas.
- Mantener informado al personal de los pedidos importantes puestos por el cliente para que el personal se sienta involucrado y comprometido.
- Lo que no se mide, no se puede mejorar, por lo tanto, es esencial que una vez que realicen las mejoras, levanten la información de la productividad de cuantas bobinas se pueden cortar.

Referencias

- (1) Arraut, L. (2010). La gestión de calidad como innovación organizacional para la productividad en la empresa Quality Managemen as an Organizationa Innovation for th Productivity of th Compan. Escuela de administración de Negocios, 69, 22–41. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20619966002>
- (2) Baca Urbina, G. (2013). Evaluación de Proyectos-4taEd-Gabriel Baca Urbina-corregido.pdf (p. 404). <https://econforesyproyec.files.wordpress.com/2014/11/evaluacion-de-proyectos-gabriel-baca-urbina-corregido.pdf>
- (3) Castillo. (2020). Investigación Aplicada. <https://www.lifeder.com/ejemplos-investigación-aplicada/>
- (4) Chase, Jacobs, & A. (2009). Administración-de-Operaciones-Producción-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.
- (5) Consultores, A. (2019). índices de Productividad. Acción Consultores. http://www.cca.org.mx/cca/cursos/administracion/artra/produccion/objetivo/7.1.1/pal_prod.htm
- (6) Espinosa, F. F., Dias, A., & Back, N. (2008). Un procedimiento de evaluación de las condiciones necesarias para innovar la gestión de mantenimiento. *información tecnológica*, 19(1), 97–104.
- (7) Fontalbo Herrera, T., De la Hoz Granadillo, E., & Morelos Gómez, J. (2017). Productivity and its factors: impact on organizational improvement. *Dimension Empresarial*, 16(1), 47–60. <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1897>
- (8) Gómez, O. (2011). La productividad del recurso humano, factor estratégico de costos de producción y calidad del producto: Industria de confecciones de Bucaramanga Human resource productivity, strategic factor of production costs and quality of product: Clothing industry in. *Tecnura*, 16(31), 12. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v16n31/v16n31a10.pdf>
- (9) Gutiérrez, P. H. (2010). Calidad Total y Productividad. Hernández, J. (2019). Evaluación Diagnostico.
- (10) <https://docentesaldia.com/2019/02/05/evaluacion-diagnostica-formativa-y-summativa-definiciones-y-ejemplos/>
- (11) Lozada J, 2016. (2016). Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica*, 1(3), 34–39. <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>
- (12) Medina, J. E. (2020). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 110–119. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20619966006.pdf>
- (13) Morales Sandoval, C., & Masis Arce, A. (2014). La medición de la Productividad del Valor Agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica (Measuring value added productivity: an empirical application in an agroalimentary cooperative in Costa Rica). *TEC Empresarial*, 8(2), 41. <https://doi.org/10.18845/te.v8i2.1988>
- (14) Motorex. (2021). Motor Trifásico. <https://tienda.motorex.com.pe/motor-trifasico-4p-100hp-220-380-440v-ie3-kraftmann/>

- (15) Niebel, B. W. (2014). Ingeniería Industrial_12ma_Niebel_y_Frei. News.Ge, <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>.
- (16) Rico, L., Maldonado, A., Escobedo, M., & De la Riva, J. (2005). Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo. CULCyT, 2(11), 9–18.
- (17) Romero Castro, M. I., Figueroa Morán, G. L., Vera Navarrete, D. S., Álava Cruzatty, J. E., Parrales Anzúles, G. R., Álava Mero, C. J., Murillo Quimiz, Á. L., & Castillo Merino, M. A. (2018). Introducción a la seguridad informática y el análisis de vulnerabilidades. In Introducción a la seguridad informática y el análisis de vulnerabilidades. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2018.46>
- (18) Sunfone, T. (2011). Slitter. https://www.sunfonetech.com/es/product/Tube_Mills_3.html
- (19) Vesta. (2019). Balanzas. <https://balanzasvesta.com/product/balanzas-para-21gruas/>
- (20) Vidal, F. (2021). Mantenimiento Preventivo. <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>
- (21) Bryan Salazar (2019) herramientas para el estudio de tiempos <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/>
- (22) Universidad nacional de Córdoba (2021) Diagrama de Pareto <https://patgu.eco.catedras.unc.edu.ar/unidad-3/herramientas/diagrama-de-pareto/>

CUESTIONARIO

Fecha:

Empresa:

1.- ¿El personal esta capacitado para la operación y calibración de la máquina?

2.- ¿En el mercado los repuestos de la máquina se encuentran con facilidad?

3.- ¿La máquina cuenta con un plan de mantenimiento?

4.- ¿Dentro del proceso de corte existe, alguna falencia?

5.- ¿Cuenta con el suficiente espacio para almacenar el producto?

Nombre:

CI:

Anexo 2: Cuestionario para el levantamiento del proceso

ESTUDIO DE TIEMPOS

DEPARTAMENTO:

OPERACIÓN:

TIPO DE MATERIA PRIMA:

TIPO DE PRODUCTO EN PROCESO:

PROCESO	T1	T2	T3	T4	T5
Traer bobinas al área de slitter					
pelar bobina					
Nebrar, cortar y codificar					
Sacar flejes del enrollador					
PROCESO	T6	T7	T8	T9	T10
Traer bobinas al área de slitter					
pelar bobina					
Nebrar, cortar y codificar					
Sacar flejes del enrollador					
PROCESO	T11	T12	T13	T14	T15
Traer bobinas al área de slitter					
pelar bobina					
Nebrar, cortar y codificar					
Sacar flejes del enrollador					
PROCESO	T16	T17	T18	T19	T20
Traer bobinas al área de slitter					
pelar bobina					
Nebrar, cortar y codificar					
Sacar flejes del enrollador					

Anexo 3: Estudio de tiempos



Ron Crane Scales Crane

Scale: 20,000 lb

Capacity, +/-0.1% Scale

Accuracy, 5kg/10 lb...

5.228,81 US\$

Grainger Industrial Supply

Anexo 4: Balanza tipo grúa Cia. Granger



Fabricación:
Tablero de control para Maquinaria,
Pirómetros, Controles de Velocidad
para Motores, Temporizadores.

PROFORMA

Venta de Repuestos
Electrónicos: Industriales
y Domésticos

Tiempo de entrega: 8 días posteriores a la aceptación de la proforma.

Forma de Pago: 50% anticipado y saldo contra entrega.

Garantía: 1 año y provisión de repuestos permanentes.

CANT	DETALLE	VALOR U	VALOR T
1	Por un variador de velocidad Marca TERMOMATIC 440V -100HP	\$7600.00	\$7600.00
1	Motor marca GARBE LAHMEYER 100HP-440V		
	NOTA: LOS EQUIPOS SE LE DARA MANTENIMIENTO EN LOS TALLERES DE TERMOMATIC Y EXTIENDE LA GARANTÍA A UN AÑO.		
		Sub-total	\$7600.00
		IVA 12%	\$912.00
		Valor Total	\$8512.00

Validez de la proforma: 30 días.

Anexo 5: Proforma de motor 440V-100 HP



THERMOMATIC

Electronic Inc.

PROFORMA

Fabricación:

Tablero de control para Maquinaria,
Pirometros, Controles de Velocidad
para Motores, Temporizadores.

Venta de Repuestos

Electrónicos: Industriales
y Domésticos

Tiempo de entrega: 8 días posteriores a la aceptación de la proforma.

Forma de Pago: 50% anticipado y saldo contra entrega.

Garantía: 1 año y provisión de repuestos permanentes.

CANT	DETALLE	VALOR U	VALOR T
1	Fabricación e instalación de trompo de 3 secciones Para almacenaje de flejes, en el slitter - Incluye materiales - Instalación y programación - Servicio de asesoría post venta	\$7000.00	\$7000.00
		Sub-total	\$7000.00
		IVA 12%	\$840.00
		Valor Total	\$7840.00

Validez de la proforma: 30 días.

Anexo 6: Trompo de 3 secciones

Guayaquil, 28 de septiembre del 2021