



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE GUANAJUATO**

**“INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
DEL DEPARTAMENTO DE COORDINADO
MEDIANTE LA SIMULACION DEL
PROCESO”**

TESIS

Presenta:

Hugo Alejandro García Ramírez

Con la asesoría de:

M.A. Claudia Rivera Domínguez



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUANAJUATO

TESIS

Que para obtener el grado de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presenta:

Hugo Alejandro García Ramírez

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL DEPARTAMENTO DE
COORDINADO MEDIANTE LA SIMULACION DEL PROCESO**

Con la asesoría de:

M.A. Claudia Rivera Domínguez

Guanajuato, Gto. 8 de junio de 2020.

Agradecimientos:

A mis padres y hermanos por haberme dado la oportunidad de formarme y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo. A todos mis amigos, a los que están presentes y a los que ya se fueron, que con su vida y ejemplo siempre me dieron un buen consejo.

De manera especial a mi tutor de tesis Claudia Rivera Domínguez, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente

Al Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Tabla de contenido

Índice	3
Capítulo 1.Generalidades del proyecto	7
Introducción	7
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Justificación:	10
1.3. Viabilidad.	11
1.4. Hipótesis.	11
1.5. Objetivos.	11
1.5.1. Objetivo general.	11
1.5.2. Objetivos específicos.	11
Capítulo 2. Marco Teórico	12
2.1. Teoría general y antecedentes	12
2.2. Estado del arte:	15
2.3. Teoría específica	17
2.4. Teoría particular	20
Capítulo 3 Metodología	24
3.1. Materiales y métodos	24
3.1.2 Planteamiento del problema:	24
3.2. Estudio de tiempos	26
3.3 Simulación del proceso:	34
Desarrollo de la simulación del proceso	37
3.4 Implementación del modelo en planta	47
3.5 Comportamiento del proceso después de la implementación	60
Capítulo 4: Discusión y análisis de resultados	65
Capítulo 4.1 Resultados	65
4.2. Importancia	71
Datos de la empresa o institución	72
A) 69	
B) 71	
C) Misión:	74
D) Visión:	74
E) Objetivos:	74
Conclusiones y recomendaciones:	75
Bibliografía.	77

Índice de tablas

Índice de tablas	4
Tabla 1. Etapas para el desarrollo de un estudio de simulación	21
Tabla 2 Toma de tiempos en el departamento de coordinado operación rayado de piel	27
Tabla 3: Toma de tiempos en el departamento de coordinado operación desorillado	28
Tabla 4: Toma de tiempos en el departamento de coordinado achaflanado	29
Tabla 5: Toma de tiempos en el departamento de coordinado operación revolteado	30
Tabla 6: Toma de tiempos departamento de coordinado operación entretelado	31
Tabla 7: Análisis de factibilidad para todos los departamentos de la planta	33
Tabla 8 Diagrama de operaciones proceso de coordinado	49
Tabla 9 Diagrama de flujo proceso de coordinado	50
Tabla 10 Diagrama de flujo sin los movimientos innecesarios	51
Tabla 11: Capacidad de la línea de producción con movimientos innecesarios	52
Tabla 12: Capacidad de la línea sin movimientos innecesarios	52
Tabla 13: Capacidad del nuevo modelo	53
Tabla 14: Pares procesados línea 1	57
Tabla 15: Pares procesados línea 2	57
Tabla 16: Nomina semanal rebajado línea 1	58
Tabla 17: Nomina semanal rayado línea 1	58
Tabla 18: Nomina semanal entretela línea 1	58
Tabla 19: Nomina semanal rebajado línea 2	59
Tabla 20: Nomina semanal rallado línea 2	59
Tabla 21: Nomina semanal entretela línea 2	59
Tabla 22: Comparativo departamento de coordinado año 2019	64
Tabla 23: Comparativo 2018 y 2019 departamento de coordinado	65
Tabla 24: Número de operadores por área actualmente	72

Índice de figuras

Tabla de contenido	3
Índice de figuras	5
Figura 1: Diagrama de operaciones del proceso de coordinado	24
Figura 2 Modulo Create	37
Figura 3 Entidades del módulo créate	38
Figura 4 Módulo process	39

Figura 5 Recursos módulo process	40
Figura 6 Añadir recurso	40
Figura 7 Tipos de demoras proceso básico	41
Figura: 8 Características de los recursos	41
Figura: 9 Tipos de colas	41
Figura 10 Animar un recurso	42
Figura 11 Seleccionar tipo de animación	42
Figura 12 Agregar un estado	43
Figura: 13 Animaciones en pantalla	44
Figura 14 Conectar un recurso	45
Figura 15 Setup para correr el modelo	45
Figura 16: Modificación de la duración de la simulación	46
Figura: 17 Tablas de resultados	47
Figura 18: Departamento de coordinado antes de implementar el nuevo modelo productivo	47
Figura 19 Propuesta de modelo productivo	48
Tabla 11: Capacidad de la línea de producción con movimientos innecesarios	52
Figura 20: Departamento de coordinado antes de la implementación	53
Figura 21 Movimiento de la maquinaria para el nuevo modelo productivo	54
Figura 22: Movimiento de la maquinaria para el nuevo modelo productivo línea 2	55
Figura 23: Incremento de la productividad en el departamento de coordinado	55
Figura 24: Productividad del departamento de coordinado semana 47, 48, 49, 50	56
Tabla 14: Pares procesados línea 1	57
Tabla 16: Nomina semanal rebajado línea 1	58
Tabla 17: Nomina semanal rayado línea 1	58
Tabla 19: Nomina semanal rebajado línea 2	59
Tabla 20: Nomina semanal rallado línea 2	59
Figura 25: Productividad coordinado enero 2019	60
Figura 26: Productividad coordinado febrero 2019	60
Figura 27: Productividad coordinado marzo 2019	61
Figura 28: Productividad coordinado abril 2019	61
Figura 29: Productividad coordinado mayo 2019	62
Figura 30: Productividad coordinado Junio 2019	62
Figura 31: Productividad coordinado julio 2019	62
Figura 31: Productividad Agosto 2019	63
Figura: 32 Productividad coordinado Septiembre 2019	63
Figura 33: Productividad coordinado noviembre 2019	63
Figura 34: Productividad coordinado diciembre 2019	63
Figura: 35 Departamento de coordinado antes de la implementación	66
Figura 36: Departamento de coordinado después de la implementación del nuevo modelo productivo	66
Figura 37: Proceso de rebajado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 2	67
Figura 38: Departamento de coordinado después de la implementación del modelo productivo	67
Figura 39: Proceso de rebajado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 1	68

Figura 40: Proceso de entretelado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 1	68
Figura 41: Proceso de rallado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 1	69
Figura 42: Proceso de entretelado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 2	69
Figura 43: Proceso de rebajado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 2	70
Figura 44: Departamento de coordinado linea 2	70
Figura 45: comparativo producción 2018 y 2019	71

Capítulo 1 - Introducción

La industria del calzado en México está integrada aproximadamente por 7 mil 400 establecimientos productivos, lo que equivale al 68.4% del total de la cadena productiva nacional. Las cifras de empleo del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) muestran que, durante el 2013, la industria empleo a 115 513 personas. En 2014 se exportaron cerca de 25.6 millones de zapatos con valor de 571.7 millones de dólares. En todo el territorio nacional existe cerca de 41 mil 500 zapateras. Esta información nos señala la importancia de esta industria a nivel nacional.

El sector del calzado es una industria muy diversificada que abarca una gran cantidad de materiales, por ejemplo, tela, plástico, caucho y cuero. El producto que se obtiene es desde los tipos generales de calzado para hombre, mujer y niños, hasta productos más especializados, como botas para practicar snowboard, calzado médico, calzado para diabéticos y calzado para protección.

Durante el 2017 se llegó a producir más de 2600 millones de pares de calzado, de los cuales un porcentaje fue exportado a más de 60 países. León es la ciudad con mayor producción en el país, debido a esto se le conoce como la Capital del Calzado el México. En León se produce alrededor del 70% del calzado, generando así más de 500 mil empleos

Debido a su capacidad en la generación de empleos y por ser proveedora de un artículo de consumo popular, que satisface las necesidades básicas de la población, la industria del calzado es de gran importancia dentro del sector económico.

La participación porcentual de la Industria del Calzado y Cuero en el producto Interno Bruto del país se ha mantenido en 3% durante los últimos 10 años, pero su futuro depende de la solución de problemas que actualmente enfrenta. Uno de sus principales problemas son sus sistemas de fabricación obsoletos y con niveles muy bajos de productividad. Una solución que se propone para el desarrollo de un sistema productivo eficiente, sin la necesidad de implementarlo directamente en la línea productiva, es la simulación de procesos, mediante el uso de un software. Esto va a ayudar a la toma de decisiones en el momento en que se implementa un nuevo modelo productivo.

La simulación de proceso no es una nueva tecnología, es utilizada en la mayoría de los sectores como una herramienta de ayuda en la toma de decisiones. Los procesos de simulación se utilizan como una estrategia, que permite conocer cuáles serían los resultados ante posibles escenarios que se desean someter a consideración. La información que se obtiene de estos estudios permite una mejora de las características de los productos y de los servicios, así como de los procesos de producción.

La simulación industrial puede facilitar la predicción del funcionamiento de una determinada máquina, nos dice cómo será el flujo de proceso determinado antes de

ser implantado. La simulación nos proporciona la capacidad de poder analizar el flujo del proceso, para así encontrar el mejor rendimiento posible. Dentro de la Industria del Calzado esta herramienta tiene muchas aplicaciones, debido al gran número de modelos de zapato procesados y los cambios en el flujo del proceso. Dependiendo del modelo a producir, los flujos dentro del proceso son constantes, por lo que la simulación resulta de gran utilidad al generar una idea del flujo óptimo del proceso, para que este sea más eficiente debido a estas características se simulara el proceso del departamento de coordinado dividiendo en 2 líneas este departamento y no en una sola como se presentaba antes de realizar las modificaciones.

Dicha técnica es utilizada en muchos tipos de industrias, desde la industria aeronáutica, espacial, médica, militar y de transporte. Dentro de la industria tiene una función importante debido a que ayuda en la toma de decisiones de la empresa.

Actualmente la Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra procesa nueve modelos de calzado diariamente, por lo que los cambios dentro del proceso son constantes. Esto lleva a tener que realizar constantemente modificaciones en la distribución de las líneas de producción, por lo que una mala decisión en la distribución de planta podría generar grandes pérdidas.

En dicha organización se presentaban múltiples cuellos de botella, los cuales atrasan los cierres de orden por semana. Lo que a su vez limita la producción facturada, lo que genera menores ingresos para la empresa. Por este motivo se realizó un estudio de simulación en las áreas que presentaban un cuello de botella.

Una de estas áreas fue la del Departamento de Coordinado, donde la piel se rebaja, raya, entretela y troquela. Después de esto es transferida a su siguiente proceso, el cual es pespunte, donde las necesidades de producción para este departamento son de 3 300 pares por día, debido a que por semana se programan 16 500 pares. Dentro del Departamento de Coordinado la producción diaria son 2 500 pares, lo que nos muestra una ineficiencia en ese departamento del 28%, a comparación del departamento de Pespunte.

Debido a que la ineficiencia del Departamento de Coordinado se tomó la decisión de realizar un análisis de simulación de este proceso, para conocer las posibles causas que podrían estar generando el problema. Para realizar dicho análisis se tomó la decisión de utilizar el Software Arena, debido a que este ofrece un mejor entendimiento del sistema y análisis de comportamiento. Este software es utilizado en los siguientes campos: procesos de gestión administrativa, finanzas y flujos de procesos entre otros.

La aplicación del presente proyecto busca el incrementar la producción en el Departamento de Coordinado, con lo cual se pretende incrementar el número de pares facturados por semana y generar mayores ingresos a la empresa.

1.1. Planteamiento del problema

El proceso del calzado es una secuencia de operaciones que deben de estar conectadas una a una, esto es debido a la cantidad excesiva de procesos. En promedio para procesar un modelo de zapato, se realizan 70 operaciones, las cuales se dividen por departamentos como lo son: Corte de piel, Corte de sintético, Coordinado y Pespunte. Cada uno de los procesos, de cada departamento, cuenta con una capacidad de pares producidos por día, la cual es la siguiente: Corte de piel, 3 200 pares diarios; Corte de sintético, 3 500 pares diarios; Coordinado, 2 800 pares diarios; y Pespunte, 3 300 pares diarios. Esto nos muestra la incapacidad del Departamento de Coordinado para cumplir con las necesidades, esto es debido a la mala organización, distribución de la maquinaria y del flujo de proceso que se encuentra en este departamento.

Con una ineficiencia del 28%, a comparación de sus homonimos, Coordinado genera una perdida monetaria de \$200 000 pesos mexicanos semanalmente. Por lo cual se tomó la decisión de realizar un análisis sobre las causas que generaban esta ineficiencia. Dentro de las causas se encontró que se estaba trabajando de una manera ineficiente, debido a que la manera de trabajo estaba basada en procesar grandes lotes de un solo estilo, para después proseguir al siguiente proceso. Lo cual generaba el atraso en los demás estilos a producir. Cabe mencionar que existía un descontento en los trabajadores debido a que no cumplían con la producción necesaria y tenían que trabajar horas extras, para poder abastecer las líneas de producción.

Dentro del departamento de coordinado se encontraba una sola línea de producción la cual procesaba 7 estilos a la vez; lo que limitaba el flujo de proceso de cada uno de los estilos debido al constante ajuste de la maquinaria, esto generaba tiempos muertos lo cual limitaba el flujo del proceso debido a que todo el trabajo a procesar estaba estancado en el área de Coordinado y era procesado lentamente. Al contar con una sola línea de producción para cada proceso se limita la productividad; al tener varios traslados dentro de ese mismo Departamento se genera un descontrol interno, por no conocer el principio y el final de cada par a producir; con esto los pares por fabricar, que no eran del estilo procesado en ese momento, se estancaban, esperando a que se procesara otro estilo para poder así ser procesados.

1.2. Justificación:

Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra es una empresa que se dedica a la fabricación del calzado, realizando 5 operaciones importantes para el proceso del calzado: Corte de piel, Coordinado, Desglose, Pespunte y Tejido. Estas operaciones son realizadas para su cliente principal FLEXI. En promedio a la Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra le son programados 16 500 pares por semana, separados en órdenes de producción diarias que tienen que ser cerradas y verificadas por el cliente, mediante el sistema SAP. Esto genera una demanda diaria por departamento de 3 300 pares de diferentes estilos programados por el cliente. Se cuenta con la maquinaria necesaria y el personal calificado para cumplir con esta programación, pero después de haber realizado el análisis de la situación actual se encontró que dentro de uno de estos departamentos existía una ineficiencia del 28%, lo cual generaba atrasos en los tiempos de entrega del producto, horas extras e incremento en el costo de producción.

Con una ineficiencia del 28% se genera una pérdida monetaria de 220 000 pesos mexicanos semanalmente y el atraso en el cumplimiento de las fechas de entrega al cliente, todo esto es generado por una mala distribución del proceso en este departamento; por esta mala distribución el flujo del proceso es limitado para los otros departamentos debido a esto las cuotas que se establecen para los procesos siguientes no son cumplidas y el número de pares facturados disminuyen debido a que no son procesados al no ser entregados a la línea de producción.

El cliente principal FLEXI establece fechas de entrega por lo que no es recomendable realizar modificaciones al proceso, sin conocer los efectos que pudiera generar cualquier modificación. Debido a esto se tomó la decisión de realizar la simulación del proceso de producción, para encontrar el flujo óptimo del proceso, sin la necesidad de implementar directamente en planta alguna modificación. Con esto se pretende incrementar la productividad del Departamento, reducir costos de producción -al dejar de pagar horas extras-, cumplir con las fechas de entrega y elevar el número de pares facturados por semana para la empresa.

1.3. Viabilidad.

Para la aplicación de este trabajo es necesario contar con la maquinaria y con el personal necesario para poder realizar las modificaciones necesarias. Las necesidades del Departamento de Coordinado son las siguientes: 10 máquinas de rebajado de piel, 4 entreteladoras tipo plancha, mesas suficientes y el personal necesario conforme el análisis de factibilidad. Todo esto está disponible dentro de ese Departamento, a su vez Dirección muestra su apoyo en caso de que suceda algún suceso inesperado, que pueda impedir la implementación del nuevo modelo productivo.

1.4. Hipótesis.

Mediante la simulación del proceso se podrá incrementar la producción en el Departamento de Coordinado.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Incrementar la producción del Departamento de Coordinado, para abastecer la demanda de los clientes internos, mediante la Simulación del Proceso mediante el software Arena

1.5.2. Objetivos específicos.

- Diagnosticar la situación actual del proceso mediante el diagrama de operaciones.
- Tomar tiempos de operación para la generación de variables de entrada y salida del proceso.
- Establecer tiempos de operación para el balanceo de líneas del proceso.
- Simular el proceso para la búsqueda óptima del balanceo de líneas mediante el software Arena,
- Monitorear el comportamiento del proceso mediante la aplicación de gráficos de control.
- Crear un sistema de pago por destajo en base a los pares producidos durante su semana trabajada

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Teoría general y antecedentes

Hace 4 millones de años el hombre adoptó la posición erguida y comenzó a andar. El transitar por diferentes tipos de clima lo llevaron a proteger su cuerpo, en especial sus pies, con pieles y fibras vegetales. Con el paso del tiempo, el hombre fue utilizando materiales de mayor calidad, como el cuero y las fibras vegetales, provistas de mayor firmeza que sujetaba a su pie con tiras.

La evolución del calzado se ha dado a través de la historia. El calzado más antiguo que se conoce es una sandalía con paja trenzada, que proviene de Egipto. En los siglos XIII y XIV, en las cortes francesas, fueron vistos los primeros zapatos. A finales del siglo XVII la numeración del calzado sucede en la Revolución Industrial.

A finales del siglo XIX, aparecieron las primeras máquinas para perforar, coser y cortar las pieles, las cuales darían forma al calzado. Estas máquinas se movían manualmente, hasta que con la llegada de la electricidad se crearon nuevos mecanismos en la fabricación del calzado. A principios del siglo XX se presenta un cambio importante en la industria del calzado, pasando de la industria artesanal a la producción en serie.

En el siglo XX se experimentó con nuevos materiales para la construcción del calzado, como la goma para la suela, las primeras zapatillas de goma fueron lanzadas a la venta. En 1971, los paleontólogos Erik Thinkaus y Hong Shang, de la universidad de Saint Louis, realizaron el análisis de los huesos del pie de un cadáver, encontrado en una cueva de Tianyuan, cerca de Pekín, revelando que hace 40 000 años ya se usaba el calzado, en comparación con los huesos encontrados en Norte America.

El calzado se utilizó con fines de protección y de seguridad. Actualmente el calzado es parte de la indumentaria diaria, clasificándose en: zapatos, zapatillas, botas o deportivas. El calzado se selecciona de acuerdo a la función que desempeña, hay zapatos de baile, deportivos, de vestir, de descanso, de seguridad, de protección y de trabajo.

Calzado de protección: Es un calzado de uso profesional, que proporciona protección en la parte de los dedos. Incorpora tope o puntera de seguridad que garantiza una protección suficiente frente al impacto.

2.2. Estado del arte:

La Industria del Calzado de México se caracteriza por la producción regional agrupada en 4 regiones principales, en términos de volumen de producción, las cuales son: León (Guanajuato), Guadalajara (Jalisco), Ciudad de México y Estado de México. La agrupación industrial de México abarca las ventajas de las economías internas y externas y es responsable de toda la cadena de producción, ya que se conecta y se amontona.

En México hay 4 entidades en las cuales se concentra el 93% del valor de la producción del calzado: Guanajuato 70%, Jalisco 15% el estado de México con 5% y el distrito federal 3%; La industria del calzado es el principal eslabón de la cadena cuero-calzado-marroquinera y está integrada cerca de 7200 establecimientos de productores equivalentes al 68.4% de la cadena productiva

El papel de los empresarios, como quien desarrolla los negocios y toma riesgos, es muy útil para las agrupaciones industriales, como la industria del calzado. Los empresarios son capaces de desarrollar nuevos proyectos empresariales, identificar y llenar posibles deficiencias del negocio, mediante el suministro de los recursos necesarios para la industria del calzado. Cuando el tamaño de las deficiencias no son suficientes para atraer a una o más empresas, o alentar a las empresas locales a expandirse, los empresarios visionarios fomentan la actividad innovadora para llenar dichas diferencias; también identifican aquellas industrias que existen en la región pero están desconectadas y construyen una fuerte relación fortaleciendo relaciones inter industriales entre los negocios creados y los ya existentes.

El proceso para fabricar el calzado suele ser bastante complicado, ya que un par de zapatos puede utilizar hasta 30 componentes distintos y diversas materias primas. Se abastecen y compran materiales de varios países, posteriormente se distribuyen a todas las fábricas para comenzar con el proceso de manufactura. Una vez finalizada la producción de zapatos, la mercancía debe enviarse a un centro de distribución, para poder ser distribuida a los puntos de venta finales.

Para poder cumplir satisfactoriamente con este proceso logístico se tiene en claro que la cadena de suministro es la que le da el soporte y la flexibilidad necesaria, para poder continuar con el crecimiento que desean obtener en el mercado mexicano. Debido a eso la implementación de la tecnología ha sido un factor para cumplir con la estrategia de negocio planteada.

Implementando la tecnología, modificando el proceso de surtido, se logra un incremento de la productividad, flexibilidad y eficiencia operativa. Anteriormente se imprimían listas de surtido, las cuales eran entregadas a los operadores para su ejecución, representando esto un costo elevado, bajos niveles de eficiencia y retrasos en los procesos. Debido a que no se contaba con un inventario de los materiales en un tiempo real, no se podía identificar si la mercancía ya estaba disponible, en la

ubicación, para ser surtida. Hoy en día se planean en el sistema las ordenes con base en las necesidades de los clientes, en caso de no cumplir con la cantidad solicitada se genera una orden de re abasto, para poder completar el total de piezas y así liberar el proceso de surtido. Este proceso solo se puede generar una vez que el sistema identifica que el inventario ha sido enviado en la ubicación correspondiente, además se cuenta con una auditoria que garantiza la confiabilidad del surtido, valida los números de serie y asegura la rastreabilidad del producto. Al realizar este ajuste se minimizaron las ubicaciones vacías, logrado tener el producto disponible para surtir los pedidos con mayor rapidez y eficiencia, incrementando el nivel de productividad..

2.3. Teoría específica

Productividad: es un índice que relaciona lo producido por un sistema y los recursos utilizados para generarlo.

Simulación: se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado.

Proceso: permite transformar los insumos utilizados en productos o servicios para satisfacer las necesidades de los clientes.

Cliente interno: es el compañero de trabajo, de cualquier área de la empresa, que necesita de un servicio o producto que otro compañero debe de entregarle.

Demanda: es la cantidad de un bien o servicio que la gente desea adquirir.

Diagnóstico de la situación actual: es utilizado para tener un claro entendimiento del entorno de actuación de la empresa, de las fortalezas y debilidades de la misma, y de las posibles mejoras que se pudieran adoptar para mejorar constantemente.

El objetivo de la situación actual es el de conocer, idéntificar y enfocar los temas que pudieran afectar a la organización en un futuro, con base en esto se puede formular un plan de acción para poder resolver esos temas, tomando en cuenta los recursos disponibles y las necesidades de la organización. Debido a esto, todo el personal que integra la organización debe de respaldar las acciones que fueron planeadas, incrementándose así las posibilidades de la resolución de estos temas.

Dentro de la situación actual se analizan los factores internos, los cuales son: los productos financieros, los servicios, las fortalezas, estrategias y limitaciones. Estos factores internos son los que afectan directamente a la organización. También se encuentran los factores externos, son los que no dependen directamente de la empresa, por lo regular son los siguientes: la competencia, la estructura de la industria, amenazas, la tecnología y la rotación del personal. Mediante el análisis de ambos factores es como se formulan acciones para cumplir con el objetivo del proyecto.

Diagrama de operaciones: es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso, del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales. Además, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis.

Los objetivos de este diagrama son representar una imagen clara de todas las secuencias de los acontecimientos del proceso. Por lo tanto, *“permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática, mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales, con el fin de disminuir demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar los elementos improductivos”*. (García Criollo, R. (1998).

Estudio de tiempos: es la fase cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado, en función del tiempo permitido a un operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método determinado.

Objetivos del estudio de tiempos:

- Incrementar la eficiencia del trabajo.
- Proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa, como: costos, programación, supervisión, etc.

Para poder realizar un estudio de tiempos es necesario conocer todos los movimientos necesarios, para eliminar todos aquellos que son innecesarios y ordenar los útiles, para así obtener la eficiencia máxima

Con el estudio de tiempos se pretende calcular el tiempo estándar de cada operación, el cual se define como: el tiempo requerido por un trabajador para terminar una unidad de trabajo, mediante el método y equipo estándar, con la habilidad necesaria. Son muchas las aplicaciones que se tienen para el tiempo estándar, a continuación se muestran algunas:

- Para determinar el salario de una tarea específica.
- Apoyar a la planeación de la producción.
- Facilita la supervisión.
- Ayuda a formular los costos estándar.
- Proporciona costos estimados.
- Se puede implementar un sistema de incentivos.
- Ayuda a entrenar nuevos trabajadores.

Una de las ventajas de realizar un estudio de tiempos es el reducir costos. Al eliminar las operaciones innecesarias realizadas por el operador, se permite establecer un sistema de pago por incentivos, debido a que produce una cantidad superior a su carga de trabajo diaria y esta es pagada al final de la semana trabajada.

Balanceo de líneas: con el balanceo de líneas se busca establecer la mejor distribución de la mano de obra e inventarios, para maximizar así el flujo de las operaciones.

La línea de producción es conocida como el principal método a utilizar para la fabricación de un producto a bajo costo. La producción en línea es una disposición de áreas de trabajo, donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas, que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hasta el final de su elaboración.

Condiciones para el funcionamiento óptimo de una línea de producción:

- Cantidad: el volumen de materia prima debe ser suficiente para cumplir con la demanda de la línea de trabajo.
- Equilibrio: los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- Continuidad: una vez iniciadas las líneas de producción, estas deben de ser continuas, pues la detención en un punto corta el flujo de trabajo para las demás operaciones.

Gráficos de control: Un gráfico de control es una herramienta utilizada para distinguir las variaciones debidas a causas asignables o especiales, a partir de las variables aleatorias del proceso.

Función de las gráficas de control:

- Determinar el estado de control de un proceso.
- Diagnosticar el comportamiento del proceso en el tiempo.
- Indicar si un proceso ha mejorado o ha empeorado.
- Sirve como una herramienta de detección de problemas.

Simulación de procesos con Arena: la simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real, mediante la evaluación numérica, al usar un software diseñado para imitar las operaciones o características del sistema. A menudo, en el transcurso del tiempo, puede ser usada para estudiar sistemas sencillos. El poder real de esta técnica surge cuando es utilizada para crear sistemas complejos.

Arena combina la facilidad del uso de simuladores de alto nivel, con la flexibilidad de los lenguajes de simulación, y recorre todo el camino debajo de los lenguajes de procesamiento de propósito general, como el sistema de programación Microsoft Visual BASIC. Arena proporciona plantillas alternativas e intercambiables de modelación de simulación gráfica y modelos de simulación de análisis, que se pueden combinar para desarrollar una amplia gama de modelos de simulación. Para una mayor visualización y organización, los módulos están por lo general agrupados en paneles para componer una plantilla. Al cambiar los paneles se obtiene acceso a un conjunto completamente diferente de construcciones y capacidades de simulación.

2.4. Teoría particular

El objetivo de la simulación es modelar el mundo real reduciéndolo a una estructura más simple (modelo) mediante el uso de una computadora que corresponde a una representación limitada de la realidad, buscando los objetivos definidos para el estudio de simulación (Knepell & Arangno, 1993), (Law & Kelton, 2000), (Guasch Petit Piera, Casanovas & Figueras, 2003), (Baez Senties, Torres Osorio, Alvarado Lassmann Ortiz Flores. & Moras Sanchez 2008

El proceso de simulación es extenso, dado que todas las etapas que conforman un estudio de simulación representan un nivel de exactitud preciso, para que los resultados obtenidos puedan ser verídicos y no se alteren los resultados en la simulación (Banks 2005). Esto se hace mediante una inversión de tiempo y dinero, que afecta a la economía de la empresa, por lo cual se debe definir de manera clara y precisa los objetivos, las limitantes y el problema, de manera que se tenga la seguridad de que la herramienta necesaria para la resolución de estos problemas y objetivos es la simulación (Banks 2005).

Para el inicio del estudio de simulación se comienza con el planteamiento del problema (Hillier & Lieberman, 2010), después de esto se debe realizar un análisis preliminar del sistema, teniendo en cuenta sus restricciones. Se determinan las interacciones en el sistema, además de las medidas y efectividad de los resultados esperados. El otro paso es la definición de las variables que forman parte del sistema y los diagramas de flujo que describen el modelo (Coss Bu, 1998).

Después la siguiente etapa es definida como el ajuste de los objetivos y el plan general del proyecto, para luego establecer el modelo a simular, este debe ser ajustado de manera progresiva haciendo mejoras a su proceso. Después de esto, sigue la recolección de la información requerida para la construcción del modelo, dependiendo del sistema productivo que se esté analizando (Hillier & Lieberman, 2010). Después se implementa la simulación por computadora, aquí también se define qué tipo de lenguaje será usado en la computadora (software) (Banks 2005).

Lo siguiente es realizar una serie de pruebas, de manera que se pueda evaluar el comportamiento del modelo y su semejanza con la realidad. Una vez obtenidos los resultados planteados es necesario realizar un análisis de impacto, para conocer los que presenten los mejores resultados (García Reyes, García Dunna, & Cárdenas Barrón, 2006). Aquí también resulta de vital importancia el definir la longitud de la corrida y el número de observaciones. A continuación se muestra una tabla que da a conocer los pasos para realizar un estudio de simulación.

Tabla 1. Etapas para el desarrollo de un estudio de simulación

ETAPA	TIPO DE ETAPA	DEFINICION Y REQUERIMIENTOS DE LA ETAPA
<p>1 Definición del sistema</p>	<p>Objetivos de la simulación</p>	<p>Aquí se describe el tipo de sistema, en el cual se va a estar trabajando y donde va a ser implementado el proceso simulado. Para esto es necesario conocer el funcionamiento del sistema, de tal manera que se pueda conocer - de forma certera- todos los procesos que intervienen dentro del sistema, sobre el cual se tiene pensado realizar la simulación, determinando así si la simulación es la herramienta ideal para la resolución de problemas y el cumplimiento de objetivos.</p> <p>Se deben de considerar los siguientes aspectos en la etapa inicial. ¿Qué resultados se tendrán? ¿En cuánto tiempo se alcanzaran esos resultados? Necesidades para realizar una simulación. Mano de obra: personal calificado en procesos de simulación discreta y estadísticamente. Financiero: realizar un presupuesto de inversión de los gastos necesarios para cumplir con el estudio de simulación y realización de las mejoras propuestas. Disponibilidad del personal involucrado en el sistema a simular.</p> <p>Establecer el alcance que tendrá la simulación, lo cual consiste en definir si el sistema va a trascender en todos los departamentos o solo en alguno en específico, determinando así el inicio y el final del modelo de simulación.</p>
	<p>Variables de interés:</p>	<p>Son los elementos que definen el comportamiento del sistema y que son relevantes para su funcionamiento, con las cuales es representado de manera gráfica. Existen 3 variables como son mencionadas por Calderón:</p> <p>De decisión: son las que describen el estado del sistema, en cualquier instante y definen su comportamiento. De respuesta: son las variables cuyo valor se trata de predecir a través del modelo. Exógenas: afectan el comportamiento del sistema, no son afectadas por el sistema. Hacen referencia a las variables que miden el comportamiento del sistema productivo simulado y sirven para determinar qué escenario es el mejor.</p>
	<p>Medidas de desempeño</p>	<p>De decisión: son las que describen el estado del sistema, en cualquier instante y definen su comportamiento. De respuesta: son las variables cuyo valor se trata de predecir a través del modelo. Exógenas: afectan el comportamiento del sistema, no son afectadas por el sistema. Hacen referencia a las variables que miden el comportamiento del sistema productivo simulado y sirven para determinar qué escenario es el mejor.</p>
<p>2. Plan general de proyecto</p>	<p>Visualización general de todos los elementos que intervendrán directa o indirectamente en el sistema</p>	<p>Dentro de este apartado se toma en cuenta que software es el más apropiado para el estudio de simulación; cuales son los requerimientos de personal para cumplir con el estudio de simulación; cuál será el capital a invertir para llevar a cabo el proceso de simulación; cuanto tiempo se pretende cumplir con el estudio de simulación; y se establecen los resultado esperados que arrojará el estudio de simulación.</p>
<p>3. Recolección de datos</p>		<p>Consiste en la obtención de los datos referentes a las variables, tomados directamente en el sistema a simular, cuidando que no exista ninguna alteración del comportamiento observado durante la jornada de trabajo.</p>
	<p>Longitud de corrida</p>	<p>Es necesario definir qué longitud en una línea de tiempo tendrá el modelo de simulación. El tiempo ciclo productivo. Establecer el número de tiempos ciclos a analizar.</p> <p>Establecer si la corrida se realizará en base a una cantidad en específico de pares programados.</p>

	<p>Tiempo de inicio de la etapa</p>	<p>Se debe de establecer el momento oportuno en el que se iniciará la recolección de la información.</p>
	<p>Cuando no se tienen datos que se hace</p>	<p>Existen algunas formas de conseguir información que pueden orientar en la distribución a escoger y en la formulación del modelo aunque no existan datos estas son: (Banks, Carson, Barry L, Nicol, 2005) Datos de ingeniería, como información proporcionada por los anteriores estudios de tiempos Programados durante la auditoria interna que se realiza. Opiniones de expertos que pueden identificar situaciones, como tiempo de fallo, tiempos optimistas Y pesimistas en un proceso. La naturaleza del proceso, dado que existen distribuciones que se ajustan normalmente a a cierto tipo de procesos. Es necesario realizar el análisis de sensibilidad de los resultados de la simulación de acuerdo con la distribución elegida.</p>
<p>4. Construcción del modelo</p>	<p>Conocimiento del sistema a modelar</p>	<p>La elaboración del modelo requiere una comprensión total de todo el sistema, de manera que el modelo sea lo más cercano posible al sistema en estudio.</p>
	<p>Lenguaje de simulación</p>	<p>Es preciso conocer cuál es el lenguaje que maneja el software de simulación elegido, con el fin de que la sintaxis del proceso quede bien definida.</p>
	<p>Componentes del sistema a modelar</p>	<p>Para (Harrell, Ghosh, & Bowder, 2011) los componentes del sistema se definen de la siguiente manera: Elementos estáticos: también llamados locaciones, hacen referencia a las ubicaciones, representan lugares fijos en el sistema, en el que las entidades se encaminan en el proceso de demora, el almacenamiento, la toma de decisiones o alguna que otra actividad. Elementos dinámicos: generalmente nombrados entidades, hacen referencia a cualquier cosa que un modelo puede procesar, como por ejemplo: partes, materiales, insumos del proceso, o clientes en el sistema. Los arribos o llegadas: es el mecanismo para definir como las entidades entran al sistema. Estas pueden llegar individualmente o en lotes. La secuencia lógica: normalmente llamada procesamiento, describe las operaciones que se realizan en el lugar, el tiempo en que cada unidad gasta en determinado lugar, los recursos que necesita para terminar el procesamiento y todo lo que sucede en el lugar, incluyendo: selección y siguiente destino de la entidad.</p>
<p>5. Experimentación</p>	<p>Busca experimentar o evaluar diversos comportamientos o escenarios del sistema, realizando un análisis de sensibilidad, con el fin de comparar los mejores resultados, de acuerdo al objetivo planteado. Inicialmente es necesario tomar en cuenta el número de simulaciones que han sido completadas y analizadas, enfocadas en la duración del periodo de inicialización, de la longitud de la corrida de la simulación y el número de corridas que tendrá el modelo.</p>	
	<p>Plan del modelo</p>	<p>Establece los posibles escenarios del comportamiento del sistema que se quiere evaluar con el modelo de simulación. Aspectos a considerar: Si se deben realizar cambios a los parámetros. Adición o reducción de variables o cualquier otro cambio que se considere evaluar.</p>
	<p>Ajuste del modelo</p>	<p>Se debe de interpretar en que momento el sistema llega a su estado estable, teniendo en cuenta: el número de réplicas necesarias.</p>
<p>Aquí se deben de aclarar los resultados obtenidos en los siguientes aspectos</p>		
		<p>¿Cómo se comportó el sistema en los experimentos realizados?</p>

6. Interpretación y presentación de resultados	Resultados de los experimentos	¿Qué alternativas se tomaron en la simulación y cuáles fueron sus comportamientos?
	Observaciones hechas en el proceso	Lista de aportes que fueron hechos en el transcurrir en el proceso de simulación, como se debe afrontar el tema detectado en el inicio.
	Conclusiones y recomendaciones del proceso	Se debe de evidenciar la interpretación del analista en el proceso que se llevó a cabo, es necesario aclarar qué es relevante para tener en cuenta en el proceso.
7. Toma de decisiones	<p>Una vez realizados los análisis correspondientes es necesario que se tome la decisión si se acepta el modelo o no, tomando en cuenta:</p> <p>Mano de obra involucrada</p> <p>Posibles retrasos de operación por motivo de cambios.</p> <p>Inversión en nuevas tecnologías o estructuras.</p> <p>Capacitación o entrenamiento del personal acerca del nuevo proceso.</p> <p>El tiempo que tarda en realizar los cambios propuestos.</p>	
8. Monitoreo y control	<p><i>"Es necesario realizar un monitoreo al sistema y controlarlo, puesto que los sistemas son dinámicos y es posible que con el transcurso del tiempo sea necesario modificar el modelo de simulación, ante los nuevos cambios del sistema real, con el fin de llevar a cabo actualizaciones periódicas que permitan que el modelo siga siendo una representación del sistema". (García Dunna & Azarang Esfandiari, 1996).</i></p>	

Aspectos a tomar en cuenta al realizar un estudio de simulación:

Entender el sistema: se debe de tener cierto nivel de conocimiento de cómo funciona el sistema.

Ser claro en los objetivos: se debe de entender lo que se puede aprender del estudio y no esperar resultados fuera de lo posible.

Formular la representación del modelo: ¿cuántos detalles son adecuados? ¿Qué necesita modelarse con cuidado y qué puede hacerse de forma primitiva?

Traducir a un software de simulación: una vez que las suposiciones del software se acepten hay que representarlas en el software de simulación.

Verificar que la representación caracterice el modelo conceptual: verificar que sucedan las cosas correctamente, como entradas obvias, y seguir la lógica del sistema.

Validar el modelo: ver si son reales las distribuciones de entrada, que se plasman en el modelo, con lo que se observó en el área de trabajo.

Diseñar los experimentos: planear qué es lo que se desea saber y como los experimentos de simulación ayudarán a tener una respuesta sencilla y eficaz.

Ejecutar los experimentos: analizar cómo trabaja el sistema en el modelo de simulación.

Analizar los resultados: llevar a cabo las formas correctas de análisis estadístico, para ser capaz de hacer declaraciones acertadas y precisas.

Capítulo 3 Metodología

3.1. Materiales y métodos

En Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra se fabrica calzado y se realizan la mayoría de las operaciones necesarias para fabricar un zapato: Corte piel, Corte sintético Coordinado, Desglose, Pespunte y Tejido.

Dentro del Departamento de Coordinado se realizan las operaciones necesarias para coser el zapato y armarlo. A continuación se observan dichas operaciones mediante un diagrama de operaciones de acuerdo a la figura 1.

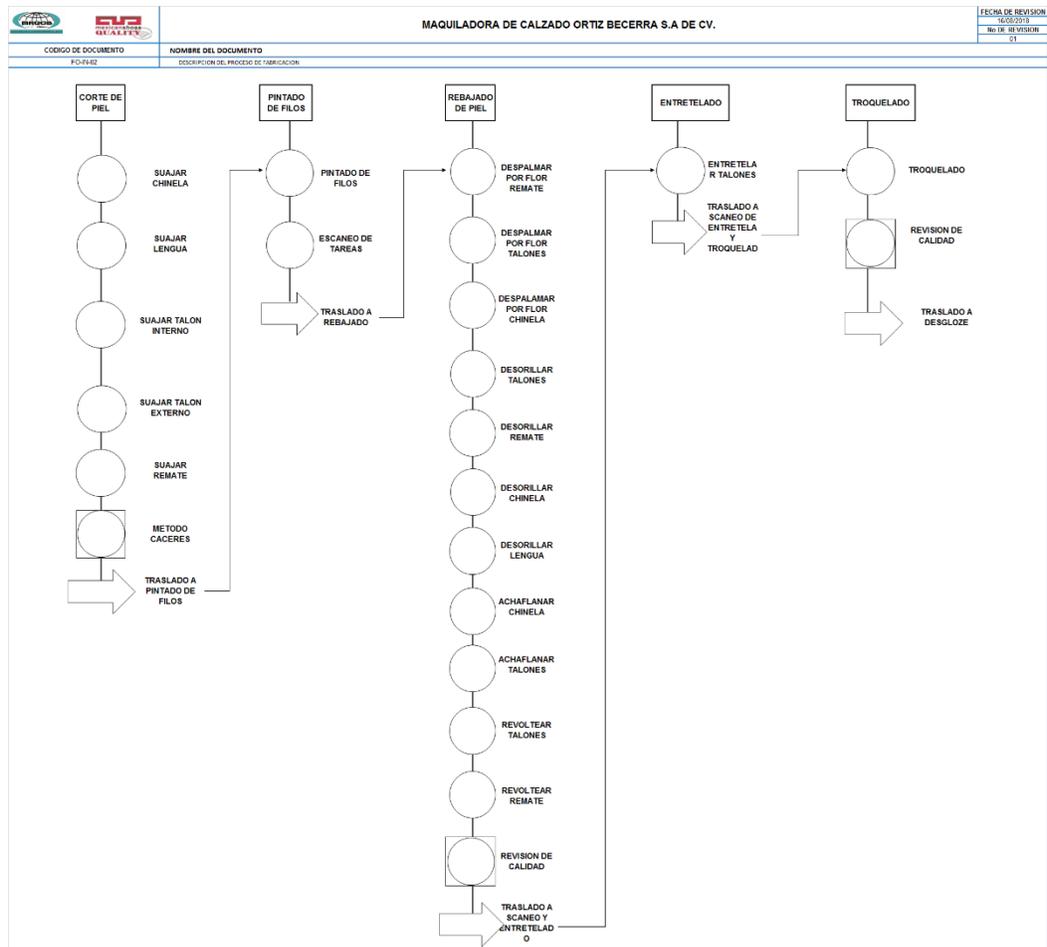


Figura 1: Diagrama de operaciones del proceso de coordinado

En el Departamento de Coordinado se cuenta con una sola línea de producción de cada operación, una para rayado y una para rebajado, teniendo una producción semanal de 2 500 pares. La capacidad total de la planta es de 3 500 pares por día, la diferencia de producción entre el Departamento de Coordinado y los otros Departamentos, está generando que se retrasen las ordenes de producción y exista desabasto de trabajo para el proceso siguiente.

La incapacidad del Departamento de Coordinado para cumplir con las cuotas diarias es generado por la mala distribución del proceso, dentro de la línea de producción, y por la mala asignación de las cargas de trabajo. El departamento cuenta con 8 rebajadores de piel, 8 rayadores de piel y 4 entreteladores, lo que facilita la creación de 2 células de trabajo para procesar todos los estilos al mismo tiempo.

Dentro del problema de producción se encuentra el gran número de piezas rotas por Rebajado, debido al cambio excesivo de estilos a producir, lo cual genera un ajuste de la maquina repetitivo, lo que genera un incremento de tiempo en el proceso de la operación. Todo esto genera el incumplimiento en los tiempos de entrega para los demás procesos.

Debido a la necesidad de cumplir con las fechas de entrega, el personal de producción de este Departamento debe de trabajar horas extra para entregar el trabajo a tiempo, lo que genera un descontento por parte del trabajador al tener que quedarse más tiempo de su jornada y trabajar incluso los domingos. Debido a esto el trabajador no labora en un ambiente laboral confortable, por el stress generado por el acumulamiento de trabajo en su área. Todo esto es posible porque desde un inicio, en el proceso de producción, no se tiene un control de proceso de primeras entradas y primeras salidas, ya que el trabajador no sabe cuáles son las tareas que ya están procesadas. Con esto algunas de estas tareas se mantienen en espera de pasar al proceso siguiente, aun cuando ya fue realizado el proceso de la operación.

Se presenta una baja productividad en pares facturados totales debido a que el siguiente departamento no cuenta con las tareas suficientes para su cuota diaria, por lo que el trabajador genera tiempos muertos al no tener material para trabajar.

3.2. Estudio de tiempos

Para el presente proyecto se realizó la toma de tiempos en el Departamento de Coordinado en las siguientes operaciones:

- Rayado: proceso en el cual las piezas de piel son rayadas utilizando un molde como guía.
- Desorillado: proceso en el cual la piel se rebaja para su empalme con otras piezas.
- Achaflanado: proceso en el cual las piezas son rebajadas para ser cosidas por una máquina.
- Revolteado: proceso en el cual las piezas son rebajadas para hacer el cojín.
- Flor: proceso en el cual la piel se rebaja por la parte de arriba, para facilitar el montado de la suela.
- Entretelado: proceso en el cual se coloca la entretela a la piel, para evitar que se generen arrugas en esta.
- Troquelado: proceso en el cual mediante presión y un troquel, la piel es marcada con el logo de la empresa para la cual se trabaja.
- Corte de piel: Proceso en el cual se corta la piel para ser rayado, rebajada, entretelada y troquelada

Se utiliza la toma de tiempos para conocer la capacidad real de los trabajadores. Utilizando la técnica de toma de tiempos con el cronometro, esto es para tomar la decisión de contratar más personal o mantener la misma plantilla, con esto se pretenden balancear las líneas de producción para hacer más eficiente el proceso.

Los tiempos calculados nos servirán como ayuda para conocer los datos de entrada y el tiempo de operación de todas las operaciones, con estos datos se realizará el estudio de simulación, tomando los tiempos reales de las operaciones que conforman el estilo. Esto es para evitar errores posibles al momento de la implementación y no generar un problema en lugar de una solución, así minimizaremos la incertidumbre que se pudiera generar y habrá mayor seguridad en los resultados esperados.

Después de realizar el estudio se presentará a los trabajadores las mejoras a realizar dentro de su línea de producción, para así reducir un poco la resistencia al cambio por parte de los operarios.

Se implementará el nuevo modelo productivo, cabe señalar que ya fue implementado el modelo generando resultados positivos, incrementando la productividad y reduciendo el número de defectos en este Departamento.

Se estará monitoreando y analizando las posibles modificaciones al modelo productivo implementado.

En la Maquiladora de Calzado se producen los siguientes estilos: 35301, 101902, 48302, 48301 y 48304. A continuación se muestran los tiempos encontrados de estos estilo estos tiempos se encuentran en minutos (ver Tabla 2-5).

Tabla 2 Toma de tiempos en el departamento de coordinado operación rayado de piel

 		MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA										FECHA DE REVISION			
CODIGO DEL DOCUMENTO		NOMBRE DEL DOCUMENTO:										06/05/2017			
FO-IN-01		FORMATO PARA LA TOMA DE TIEMPOS										N° DE REVISION			
												B1			
		RAYAR CHINELA 48304		RAYAR REMATE 48304		RAYAR LENGUA 48304		RAYAR TALON INTERNO 48304		RAYAR TALON EXTERNO 48304		Producto:			
												Analista:			
												Fecha: / /			
OPERADOR		GUADALUPE		CAROLINA		CAROLINA		BRENDA		PAOLA		Tabla de Westinghouse			
		R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	Habilidad	Nivelar	Esfuerzo	
NÚMERO DE OBSERVACIONES	1	103.74	103.74	46.7	46.7	46.7	46.7	126.48	126.48	142.92	142.92		el Ritmo		
	2	109.7	5.96	60.24	13.54	60.24	13.54	127.18	0.7	149.43	6.61	0.15	A1(Superior)	0.13	
	3	116.18	6.48	62.91	2.67	60.29	0.05	124.79	-2.39	159.21	9.78	0.13	A2(Superior)	0.12	
	4	114.5	-1.68	59.31	-3.6	59.31	-0.98	120.25	-4.54	140.1	-19.11	0.11	B1(Excelente)	0.1	
	5	101.29	-13.21	53.93	-5.38	53.93	-5.38	124.5	4.25	150.66	10.66	0.08	B2(Excelente)	0.08	
	6	115.57	14.28	71.56	17.63	71.56	17.63	157.09	32.59	144.09	-6.57	0.06	C1(Bueno)	0.05	
	7	102.61	-12.96	59.71	-11.85	59.71	-11.85	140.621	-16.469	131.56	-12.53	0.03	C2(Bueno)	0.02	
	8	107.73	5.12	60.23	0.52	60.23	0.52	119.98	-20.641	154.53	22.97	1	D (normal)	1	
	9	104.45	-3.28	51.27	-8.96	58.04	-2.19	153.41	33.43	148.33	-6.2	(-) 0.05	E1(Regular)	(-) 0.04	
	10	111.59	7.14	58.04	6.77	51.27	-6.77	139.61	-13.8	147.42	-0.91	(-) 0.10	E2(Regular)	(-) 0.08	
	11		0		0		0		0		0	0	(-) 0.16	F1 (Pobre)	(-) 0.12
	12		0		0		0		0		0	0	(-) 0.22	F2 (Pobre)	(-) 0.17
	13		0		0		0		0		0	0	TOLERANCIAS		
	14		0		0		0		0		0	0	Necesidad Fisiologica		
	15		0		0		0		0		0	0	Hombre(2.6%)	Mujer(3.0%)	
	16		0		0		0		0		0	0	Por Ambientación		
	17		0		0		0		0		0	0	menos de 4 grados		3%
	18		0		0		0		0		0	0	entre 4 y 10 grados		1%
	19		0		0		0		0		0	0	entre 11 y 28 grados		0%
	20		0		0		0		0		0	0	entre 29 y 34 grados		1%
	21		0		0		0		0		0	0	superior a 34 grados		3%
	22		0		0		0		0		0	0	Por el Esfuerzo Físico		
	23		0		0		0		0		0	0	Muy Bajo		1.80%
	24		0		0		0		0		0	0	Bajo		3.60%
	25		0		0		0		0		0	0	Mediano		5.40%
	26		0		0		0		0		0	0	Pesado		7.20%
	27		0		0		0		0		0	0	Muy Pesado		9%
	28		0		0		0		0		0	0	Por el Esfuerzo Mental		
	29		0		0		0		0		0	0	Poca Exactitud		1%
	30		0		0		0		0		0	0	Exacto		2%
Tiempo en segundos		1087		584		581		1334		1468		Grande Exactitud		3%	
Tiempo centésimos		18.115		9.728		9.684		22.223		24.461		Condiciones de Conforto			
Núm.Observaciones		10		10		10		20		10		Área confortable		1%	
Frecuencia logica												Poco desconfortable		2%	
Tiempo Base Obser		30.000		30.000		30.000		30.000		30.000		Polvo, ruido,sucio		8%	
Evaluación Ritmo		85%		85%		85%		85%		85%		Monotonía (min/ciclo)			
Tiempo Normal		1.812		0.973		0.988		1.111		2.446		0 - 0.05 (7,8%); 1.01-4.00(1.5%)			
Tolerancia %		15.00%		15.00%		15.00%		15.00%		15.00%		0.06-0.25 (5.4%) 4.01-8.00 (1%)			
Tiempo corregido		2.083		1.119		1.114		1.278		2.813		0.26-0.50 (3.6%) 8.0-12.0(0.6%)			
Piezas por unidad		1		1		1		1		2		0.51-1.00 (2.1%) 12.01-16.(0.3%)			
Tiempo Estándar		2.083		1.119		1.114		1.278		5.626		Lubricación: variable 0%-8%			

 		MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA										FECHA DE REVISION		
CODIGO DEL DOCUMENTO		NOMBRE DEL DOCUMENTO:										06/06/2017		
FO-N-01		FORMATO PARA LA TOMA DE TIEMPOS										N° DE REVISION		
												01		
		DESORILLAR CHINELA 48304 TIPO FLOR		DESORILLAR REMATE TIPO FLOR 48304		DESORILLAR TALONES TIPO FLOR 48304		DESORILLAR REMATE 48304		DESORILLAR LENGUA 48304		Producto:		
OPERADOR		CAROLINA LUNA		CAROLINA LUNA		CAROLINA LUNA		CLAUDIA DE LA VEGA		CLAUDIA DE LA VEGA		Analista:		
												Fecha: / /		
												Tabla de Westinghouse		
NÚMERO DE OBSERVACIONES		R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	Habilidad	Nivelar el Ritmo	Esfuerzo
	1	46.03	46.03	54.47	54.47	44.68	44.68	54.47	54.47	44.68	44.68	0.15	A1(Superior)	0.13
	2	42.37	-3.66	61.01	6.54	52.25	7.57	61.01	6.54	52.25	7.57	0.13	A2(Superior)	0.12
	3	44.6	2.23	44.6	-16.41	49.96	-2.29	44.6	-16.41	49.96	-2.29	0.11	B1(Excelente)	0.1
	4	42.98	-1.62	42.98	-1.62	57.24	7.28	42.98	-1.62	57.24	7.28	0.08	B2(Excelente)	0.08
	5	37.95	-5.03	37.95	-5.03	51.41	-5.83	37.95	-5.03	51.41	-5.83	0.06	C1(Bueno)	0.05
	6	47.29	9.34	47.29	9.34	43.51	-7.9	47.29	9.34	43.51	-7.9	0.03	C2(Bueno)	0.02
	7	44.44	-2.85	44.44	-2.85	60.68	17.17	44.44	-2.85	60.68	17.17	1	D (normal)	1
	8	44.75	0.31	46.83	2.39	52.45	-8.23	46.83	2.39	52.45	-8.23	(-) 0.05	E1(Regular)	(-) 0.04
	9	46.83	2.08	53	6.17	60.92	8.47	53	6.17	60.92	8.47	(-) 0.10	E2(Regular)	(-) 0.08
	10	53	6.17	47.56	-5.44	49.75	-11.17	47.56	-5.44	49.75	-11.17	(-) 0.16	F1 (Pobre)	(-) 0.12
	11		0		0		0		0		0	(-) 0.22	F2 (Pobre)	(-) 0.17
	12		0		0		0		0		0	TOLERANCIAS		
	13		0		0		0		0		0	Necesidad Fisiologica		
	14		0		0		0		0		0	Hombre(2.6%) Mujer(3.0%)		
	15		0		0		0		0		0	Por Ambientación		
	16		0		0		0		0		0	menos de 4 grados 3%		
	17		0		0		0		0		0	entre 4 y 10 grados 1%		
	18		0		0		0		0		0	entre 11 y 28 grados 0%		
	19		0		0		0		0		0	entre 29 y 34 grados 1%		
	20		0		0		0		0		0	superior a 34 grados 3%		
	21		0		0		0		0		0	Por el Esfuerzo Físico		
	22		0		0		0		0		0	Muy Bajo 1.80%		
	23		0		0		0		0		0	Bajo 3.60%		
	24		0		0		0		0		0	Mediano 5.40%		
	25		0		0		0		0		0	Pesado 7.20%		
	26		0		0		0		0		0	Muy Pesado 9%		
	27		0		0		0		0		0	Por el Esfuerzo Mental		
	28		0		0		0		0		0	Poca Exactitud 1%		
	29		0		0		0		0		0	Exacto 2%		
30		0		0		0		0		0	Grande Exactitud 3%			
Tiempo en segundos	450		480		523		480		523		Condiciones de Conforto			
Tiempo centésimos	7.501		7.999		8.711		7.999		8.711		Área confortable 1%			
Núm.Observaciones	10		10		10		10		10		Poco desconfortable 2%			
Frecuencia logica											Polvo, ruido,sucio 8%			
Tiempo Base Obser	30.000		30.000		30.000		30.000		30.000		Monotonía (min/ciclo)			
Evaluación Ritmo	85%		85%		85%		90%		90%		0 - 0.05 (7,8%); 1.01-4.00(1.5%)			
Tiempo Normal	0.750		0.800		0.871		0.800		0.871		0.06-0.25 (5.4%) 4.01-8.00 (1%)			
Tolerancia %	15.00%		15.00%		15.00%		15.00%		15.00%		0.26-0.50 (3.6%) 8.0-12.0(0.6%)			
Tiempo corregido	0.863		0.920		1.002		0.920		1.002		0.51-1.00 (2.1%) 12.01-16.(0.3%)			
Piezas por unidad	1		1		2		2		2		Lubricación: variable 0%-8%			
Tiempo Estándar	0.863		0.920		2.003		1.840		2.003					

Tabla 3: Toma de tiempos en el departamento de coordinado operación desorillado

 		MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA										FECHA DE REVISION		
CODIGO DEL DOCUMENTO		NOMBRE DEL DOCUMENTO:										06/06/2017		
FO-IN-01		FORMATO PARA LA TOMA DE TIEMPOS										N° DE REVISION		
												01		
		REVOLTEAR REMATE 48304		ESQUINEAR CHINELA 48304		ESQUINEAR REMATE 48304		ENTRETELAR TALONES 48304				Producto:		
												Analista:		
												Fecha: / /		
OPERADOR		JENNI FLORES		VERONICA GARCIA		VERONICA GARCIA		BIBIANA GUERRERO				Tabla de Westinghouse		
NÚMERO DE OBSERVACIONES		R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	Habi	Nivelar	Es
	1	34.74	34.74	50.81	50.81	30.79	30.79	113.4	113.4	0	0	lida	el Ritmo	erzo
	2	31.9	-2.84	49.5	-1.31	37.18	6.39	111.76	-1.64	0	0	0.15	A1(Superior)	0.13
	3	27.62	-4.28	61.63	12.13	29.5	-7.68	121.35	9.59	0	0	0.13	A2(Superior)	0.12
	4	34.87	7.25	47.93	-13.7	44.42	14.92	109.42	-11.93	0	0	0.11	B1(Excelente)	0.1
	5	26.83	-8.04	44.91	-3.02	32.99	-11.43	112.6	3.18	0	0	0.08	B2(Excelente)	0.08
	6	31.192	4.362	57.07	12.16	38.19	5.2	106.61	-5.99	0	0	0.06	C1(Bueno)	0.05
	7	36.74	5.548	42.2	-14.87	37.35	-0.84	103.43	-3.18	0	0	0.03	C2(Bueno)	0.02
	8	33.9	-2.84	41.98	-0.22	37.77	0.42	111.76	8.33	0	0	1	D (normal)	1
	9	32.62	-1.28	44.25	2.27	30.43	-7.34	116.44	4.68	0	0	(-) 0.05	E1(Regular)	(-) 0.04
	10	30.87	-1.75	43.63	-0.62	39.18	8.75	110.44	-6	0	0	(-) 0.10	E2(Regular)	(-) 0.08
	11		0		0		0		0	0	0	(-) 0.16	F1 (Pobre)	(-) 0.12
	12		0		0		0		0	0	0	(-) 0.22	F2 (Pobre)	(-) 0.17
	13		0		0		0		0	0	0	TOLERANCIAS		
	14		0		0		0		0	0	0	Necesidad Fisiologica		
	15		0		0		0		0	0	0	Hombre(2.6%) Mujer(3.0%)		
	16		0		0		0		0	0	0	Por Ambientación		
	17		0		0		0		0	0	0	menos de 4 grados		3%
	18		0		0		0		0	0	0	entre 4 y 10 grados		1%
	19		0		0		0		0	0	0	entre 11 y 28 grados		0%
	20		0		0		0		0	0	0	entre 29 y 34 grados		1%
	21		0		0		0		0	0	0	superior a 34 grados		3%
	22		0		0		0		0	0	0	Por el Esfuerzo Físico		
	23		0		0		0		0	0	0	Muy Bajo		1.80%
	24		0		0		0		0	0	0	Bajo		3.60%
	25		0		0		0		0	0	0	Mediano		5.40%
	26		0		0		0		0	0	0	Pesado		7.20%
	27		0		0		0		0	0	0	Muy Pesado		9%
	28		0		0		0		0	0	0	Por el Esfuerzo Mental		
	29		0		0		0		0	0	0	Poca Exactitud		1%
30		0		0		0		0	0	0	Exacto		2%	
												Grande Exactitud		3%
Tiempo en segundos		321		484		358		1117		0		Condiciones de Conforto		
Tiempo centésimos		5.353		8.062		5.961		18.613		0.000		Área confortable		
Núm.Observaciones		10		10		10		10		0		Poco desconfortable		
Frecuencia logica												Polvo, ruido,sucio		
Tiempo Base Obser		30.000		30.000		30.000		30.000		30.000		Monotonía (min/ciclo)		
Evaluación Ritmo		85%		85%		85%		90%		90%		0 - 0.05 (7,8%); 1.01-4.00(1.5%)		
Tiempo Normal		0.535		0.806		0.596		1.861		#DIV/0!		0.06-0.25 (5.4%) 4.01-8.00 (1%)		
Tolerancia %		15.00%		15.00%		15.00%		15.00%		15.00%		0.26-0.50 (3.6%) 8.0-12.0(0.6%)		
Tiempo corregido		0.616		0.927		0.686		2.140		#DIV/0!		0.51-1.00 (2.1%) 12.01-16.(0.3%)		
Piezas por unidad		1		1		2		2		2		Lubricación: variable 0%-8%		
Tiempo Estándar		0.616		0.927		1.371		4.281		#DIV/0!				

Tabla 6: Toma de tiempos departamento de coordinado operación entretelado y Revoltoado.

Debido a que es un proceso lineal se tomó como opción implementar un sistema con 2 células de producción autónomas, que procesen todos los estilos a fabricar al mismo tiempo. Se van a asignar cargas de trabajo balanceadas a cada uno de ellas y se va a establecer un flujo de trabajo óptimo. Para reducir la incertidumbre generada por conocer el resultado de implementar este sistema, se tomó como opción realizar un análisis de simulación del nuevo proceso a implementar para asegurar el resultado esperado del mismo.

Realizando este análisis de simulación se espera incrementar la producción del Departamento de Coordinado.

Balanceo de líneas del proceso:

Se elaboró después de realizar la toma de tiempos de todas las operaciones que se realizan en el Departamento de Coordinado. Con base a los pares programados se realizó un análisis de factibilidad, para conocer cuántas personas serían necesarias para poder cumplir con los pares programados. Lo cual se realiza utilizando la fórmula para calcular el número de personal necesario. A continuación se muestra la fórmula:

Determinación del número de operadores necesarios para cada operación

Para determinar el número de operadores necesarios para cada operación se aplica la siguiente fórmula:

$IP = \text{Unidades a fabricar} / \text{Tiempo disponible de un operador.}$

$NO = (TE) (IP) / E$

En donde:

NO = Número de operadores para la línea.

TE = Tiempo estándar de la pieza.

IP = Índice de producción.

E = Eficiencia planeada.

Fórmula 1: Fórmula para determinar el número de operadores necesarios

Con esta fórmula se realizó el análisis de factibilidad, considerando una eficiencia del 90% para cada proceso realizado dentro de la empresa. (Ver Tabla 7):

Tabla 7: Análisis de factibilidad para todos los departamentos de la planta

 		MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA S.A DE C.V					FECHA DE REVISION	
							06/06/2017	
							No DE REVISION	
							01	
CODIGO DE DOCUMENTO		NOMBRE DE DOCUMENTO						
FO-IN-10		FACTIBILIDAD DE PARTAMENTO DE COORDINADO						
DEPARTAMENTO	OPERACIÓN	ESTILO	PARES POR DIA	TIEMPO TOTAL DE LA OPERACIÓN	INDICE DE PRODUCTIVIDAD	No DE OPERADORES TEORICOS	No DE OPERADORES REALES	
CORTE DE PIEL	SUAJAR PIEL	48301	570	1.875	1.085714286	2.035714286	2	
	SUAJAR PIEL	48302	1600	1.694	3.047619048	5.162666667	5	
	SUAJAR PIEL	48304	620	2.15	1.180952381	2.539047619	3	
	SUAJAR PIEL	35301	250	1.75	0.476190476	0.833333333	1	
	SUAJAR PIEL	101902	460	1.05	0.876190476	0.92	1	
TOTAL PROGRAMADO			3500			TOTAL DE OPERACIÓN	12	
DEPARTAMENTO	OPERACIÓN	ESTILO	PARES POR DIA	TIEMPO TOTAL DE LA OPERACIÓN	INDICE DE PRODUCTIVIDAD	No DE OPERADORES TEORICOS	No DE OPERADORES REALES	
REBAJADO	REBAJAR PIEL	48301	570	1.68	1.085714286	1.824	2	
	REBAJAR PIEL	48302	1600	2.2	3.047619048	6.704761905	7	
	REBAJAR PIEL	48304	620	1.75	1.180952381	2.066666667	2	
	REBAJAR PIEL	35301	250	2.2	0.476190476	1.047619048	1	
	REBAJAR PIEL	101902	460	1	0.876190476	0.876190476	1	
TOTAL PROGRAMADO			3500			TOTAL DE OPERACIÓN	13	
DEPARTAMENTO	OPERACIÓN	ESTILO	PARES POR DIA	TIEMPO TOTAL DE LA OPERACIÓN	INDICE DE PRODUCTIVIDAD	No DE OPERADORES TEORICOS	No DE OPERADORES REALES	
ENTRETELAR	ENTRETELAR PIEL	48301	570	N/A	1.085714286	N/A	N/A	
	ENTRETELAR PIEL	48302	1600	0.5969	3.047619048	1.81912381	2	
	ENTRETELAR PIEL	48304	620	0.3207	1.180952381	0.378731429	0.4	
	ENTRETELAR PIEL	35301	250	0.829	0.476190476	0.394761905	0.4	
	ENTRETELAR PIEL	101902	460	0.45	0.876190476	0.394285714	0.4	
TOTAL PROGRAMADO			3500			TOTAL DE OPERACIÓN	3.0	
DEPARTAMENTO	OPERACIÓN	ESTILO	PARES POR DIA	TIEMPO TOTAL DE LA OPERACIÓN	INDICE DE PRODUCTIVIDAD	No DE OPERADORES TEORICOS	No DE OPERADORES REALES	
TROQUELAR	TROQUELAR PIEL	48301	570	0.14	1.085714286	0.152	0.15	
	TROQUELAR PIEL	48302	1600	0.14	3.047619048	0.426666667	0.43	
	TROQUELAR PIEL	48304	620	N/A	1.180952381	N/A	N/A	
	TROQUELAR PIEL	35301	250	0.14	0.476190476	0.066666667	0.07	
	TROQUELAR PIEL	101902	460	N/A	0.876190476	N/A	N/A	
TOTAL PROGRAMADO			3500			TOTAL DE OPERACIÓN	0.6	

Después de realizar el análisis de factibilidad se encontró que para cumplir con la programación era necesario el siguiente personal:

- Cortadores de piel: 12.

- Número de rebajadores: 13
- Número de entreteladores: 3
- Numero de troqueladores: 1

Para el Departamento de Coordinado son necesarios: 12 cortadores de piel, 13 rebajadores, 3 entreteladores, 1 troquelador. Con esto se pretende cumplir con la programación recibida para este Departamento, por lo tanto se podría realizar el análisis de simulación, para conocer cuál sería la mejor manera posible para poder cumplir con lo programado.

3.3 Simulación del proceso:

Para el presente trabajo utilizamos el software Arena, el cual se basa en datos estadísticos para la realización del modelo. Es por ello que se tomaron los tiempos de operación para poder realizar el estudio de simulación.

Antes de dar paso al estudio de simulación es conveniente conocer algunos conceptos, para poder entender de mejor manera el estudio de simulación.

Entidades: la mayoría de las simulaciones incluyen jugadores llamados entidades, que se mueven alrededor, cambian de estatus, afectan y son afectados por otras entidades, por el estado del sistema y que, a su vez, afectan las medidas de desempeño de los resultados. Las entidades son objetos dinámicos en la simulación, por lo general son creados, se mueven alrededor durante un tiempo y después son desechados conforme se van.

Atributos: para individualizar las entidades hay que añadirles atributos. Un atributo es una característica común de todas las entidades, pero con un valor específico que puede diferir de las entidades. Los valores de los atributos están unidos a entidades específicas. Por lo general, el mismo atributo tendrá diferentes valores para diferentes entidades. Un atributo puede estar añadido a una entidad como una etiqueta, la cual puede diferir para caracterizar las entidades de manera individual.

VARIABLES globales: una variable global es información que refleja alguna de las características de un sistema, sin importar cuantos o qué tipo de entidades haya alrededor.

Existen 2 tipos de variables:

Las incorporadas por el software: número de cola, número de servidores ocupado y tiempo en el reloj de la simulación actual.

Las definidas por el usuario: tiempo de servicio medio, tiempo de traslado, turno actual, etc.

Las variables no están unidas a ninguna entidad específica, sino más bien pertenecen al sistema en conjunto. Tienen acceso para todas las entidades y muchas se pueden cambiar por cualquier entidad. Las variables también pueden representar algo que varía en la simulación, como el número de partes en cierta área de sub ensamble.

Recursos: los recursos representan cosas tales como personal, equipo o espacio en el área de tamaño limitado. Una entidad se aprovecha de las unidades de un recurso cuando está disponible y los libera cuando termina.

Colas: cuando una unidad no puede seguir adelante, quizá porque necesita aprovechar una unidad de un recurso que está inmovilizado por otra entidad, se requiere un lugar para esperar, que es la cola.

Acumuladores estáticos: los acumuladores son las mediciones de desempeño de las variables intermedias de acumuladores estáticos, conforme progresa la simulación.

Algunos de los acumuladores más encontrados son los siguientes:

- El número de partes producidas hasta el momento.
- El total de los tiempos de espera en la cola hasta el momento.
- El número de partes que pasaron a través de la cola hasta el momento (Esto se necesita como denominador en el promedio de medida de los resultados de tiempo de espera).
- El mayor tiempo gastado en la cola que se tenga hasta el momento.
- El total del tiempo gastado en el sistema, por todas las partes que han salido hasta el momento.
- El tiempo más largo en el sistema que se haya observado hasta el momento.
- El área hasta el momento bajo la curva de longitud de la cola.
- El área hasta el momento debajo de la ocupación del servidor.

Todos los acumuladores se inicializan en cero. Cuando algo sucede en la simulación los acumuladores afectados deben de ser actualizados de la forma apropiada.

Eventos: un evento es algo que sucede en un instante de tiempo (simulado) que puede cambiar atributos, variables o acumuladores estadísticos. Normalmente se pueden encontrar 3 tipos de eventos, los cuales son los siguientes:

- **Llegada:** una nueva parte entra al sistema.
- **Salida:** una parte termina su servicio en la perforadora y entra al sistema.
- **Fin:** este es un evento que detiene la simulación, el cual cambia las cosas y el cual detiene la simulación.

Reloj de simulación: el valor actual del tiempo se mantiene en una variable llamada reloj de simulación. A diferencia del tiempo real, el reloj de simulación no se encarga

de todos los valores ni fluye de manera continua, más bien va del tiempo de un evento al tiempo del siguiente evento programado.

Módulos: estos son el diagrama de flujo y los objetos de datos que definen el proceso que se va a simular y se eligen de los paneles de la barra de proyectos. Los módulos vienen en 2 formas básicas, diagrama de flujo y datos.

Los módulos en el diagrama de flujo describen procesos dinámicos del modelo. Se puede pensar en los módulos del diagrama de flujo como nodos o lugares a través de los cuales fluyen las entidades, o en donde se originan las entidades, y dejan el modelo. Los módulos en el diagrama de flujo por lo general están conectados entre ellos de alguna manera. Los tipos de módulos que podemos encontrar son los siguientes: Créate, Dispose, Process, Decide, Batch, Sepárate, Assing y Record (Crear, Eliminar, Procesar, Decidir, Agrupar, Separar, Asignar y Grabar).

Los módulos de datos son: Entity, Queue, Resouce, Variable, Schedule y Set (Entidad, Cola, Recurso, Variable, Programación y Conjunto). Las entidades no fluyen a a través de los módulos de datos y estos últimos no se arrastran a la ventana del modelo, más bien los módulos de datos existen detrás de escena, para definir diferentes clases de valores, expresiones y condiciones (ver Figura2).

Desarrollo de la simulación del proceso

The screenshot shows a simulation software window titled 'Altera - [REBAJADO 2 PARA CORRER]'. The main workspace displays a process flow diagram with several yellow rectangular nodes connected by arrows. The nodes are: 'LLEGADA', 'RAYAR TALON INTERNO', 'RAYAR CHINELA', 'DESORILLAR 1', 'ACHAFLANAR', 'ENTRETELAR', 'LLEGADA 2', 'RAYAR TALON EXTERNO', 'RAYAR CHINELA 2', and 'LLEGADA 3'. A 'Create' dialog box is open in the center, with the following fields:

- Name: LLEGADA DE LA TAREA
- Entity Type: Entity 1
- Time Between Arrivals: Type: Random (Expo), Value: 1, Units: Hours
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0

At the bottom of the window, there is a table titled 'Create - Basic Process' with the following data:

Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1 LLEGADA	Entity 1	Random (Expo)	1	Hours	1	Infinite	0.0
2 LLEGADA 2	Entity 1	Random (Expo)	1	Hours	1	Infinite	0.0
3 LLEGADA 3	Entity 1	Random (Expo)	1	Hours	1	Infinite	0.0
4 LLEGADA 4	Entity 1	Random (Expo)	1	Hours	1	Infinite	0.0

At the bottom left, there is a 'Basic Process' panel with icons for Create, Dispose, Process, Decide, Batch, Separate, Assign, Record, Entity, and Queue. A status bar at the bottom indicates 'Create module from Basic Process panel selected.'

Figura 2 Modulo Créate

Comenzamos con el Módulo Créate al que llamaremos Rayado, en el cual la pieza llega y se comienza a rayar. El modulo Créate es el nudo de nacimiento, para la llegada de las entidades de nuestro modelo que representa las piezas que llegan a la línea de producción.

En el tipo de entidad introducimos el nombre pieza, el cual es el único que vamos a tener para nuestro modelo que, en este caso es el que representa las piezas de entrada y salida.

En el centro del cuadro de diálogo del Módulo Créate hay un apartado para el tiempo entre llegadas, en donde especificamos la naturaleza del tiempo que separa las llegadas consecutivas de las entidades pieza que se originan en este modelo.

Dentro de la hoja de cálculo create seleccionamos el tipo de variable la cual, en este caso, va a ser una constante debido a que cada cierto tiempo llega una tarea a la línea de producción (ver Figura 3).

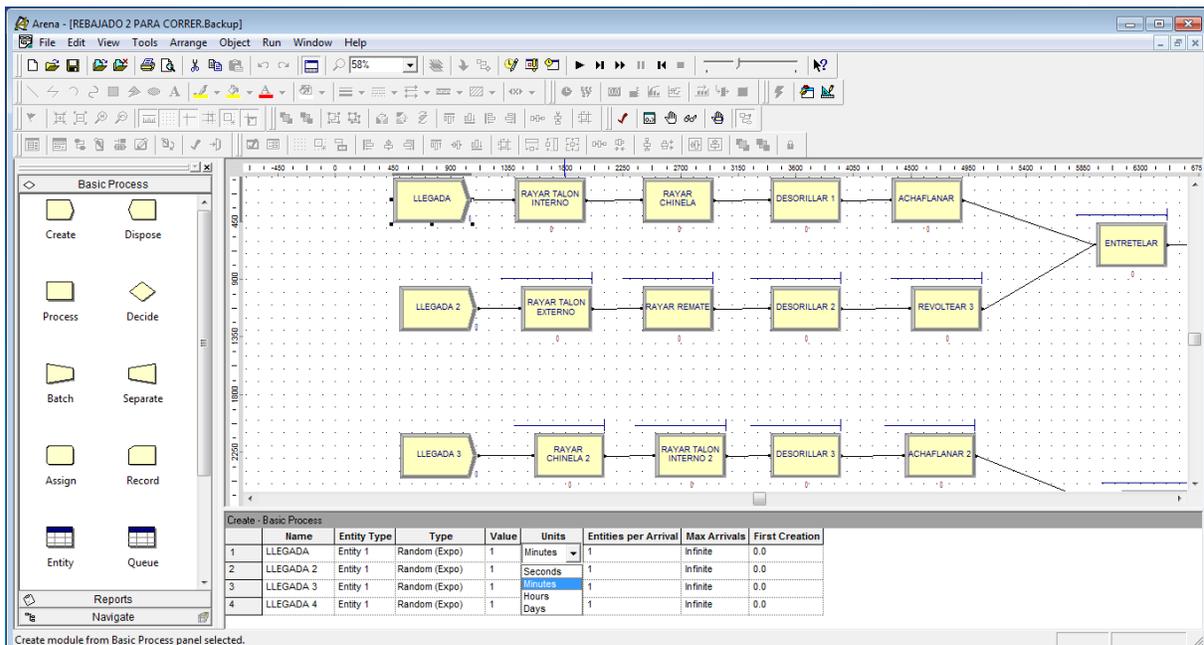


Figura 3 Entidades del Módulo Créate

En el cuadro Valué (Valor) escribimos 1, debido a que solo llega una unidad cada cierto tiempo. En el cuadro de tipo de entidad colocamos minutos, ya que dentro del proceso solo se manejan minutos.

Dentro del cuadro de diálogo de entidad seleccionamos que tipo de entidad queremos y cómo queremos que sea animada dentro de nuestro modelo de simulación. En este caso seleccionaremos la entidad de hombre, la cual será visible cuando se corra el modelo de simulación, con esto indicamos que decidimos que nuestras entidades de piezas sean animadas como una persona, la cual va recorriendo los procesos dentro de esta hoja de cálculo. Podemos modificar las entidades que están por llegar, el número de máximo de llegadas y el tiempo en el cual serán creadas.

En el modelo de simulación se podrán observar cuántas piezas van corriendo por el sistema y cuántas piezas pasan a través de cada proceso. Con esto conoceremos cuántas piezas fluyen por todo el Departamento (ver Figura 4).

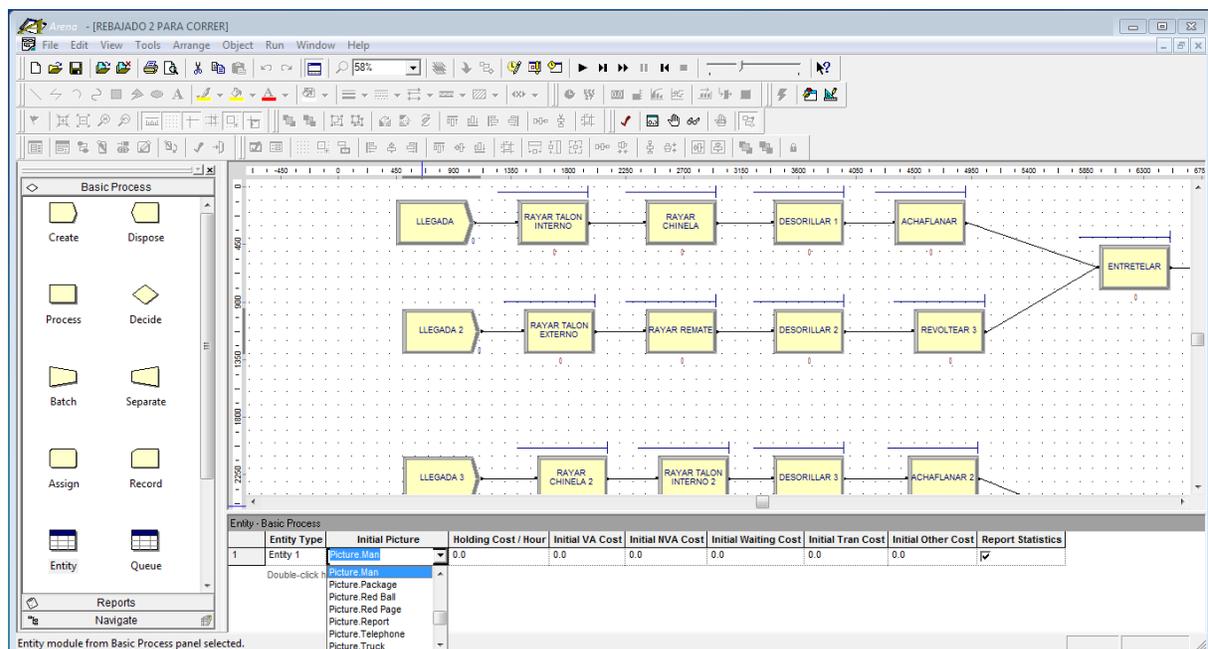


Figura 4 Módulo Process

Después se seleccionó el Módulo Process dentro de nuestro diagrama de flujo, el cual representa la operación que se está realizando, incluyendo el recurso, su cola y el tiempo de demora de la entidad.

El cuadro de la lógica que debe seguir el modelo ocupa la mayor parte del diálogo y determina lo qué sucede con las entidades dentro del proceso, después tenemos que elegir qué tipo de acción es la que requerimos, en este caso elegimos la de Seize, Delay y Release (Tomar, demorar y liberar). Lo cual indica que deseamos que este módulo, Seize, se encargue de la posesión de la entidad de algunos números de unidades de un recurso, después de una posible espera en la cola. Delay representa la demora que se realiza, que es el tiempo que tarda en ser realizada la operación y

luego, Reléase, libera las unidades que son procesadas y que después pueden ser pasadas a otro proceso.

(Ver Figura 5)

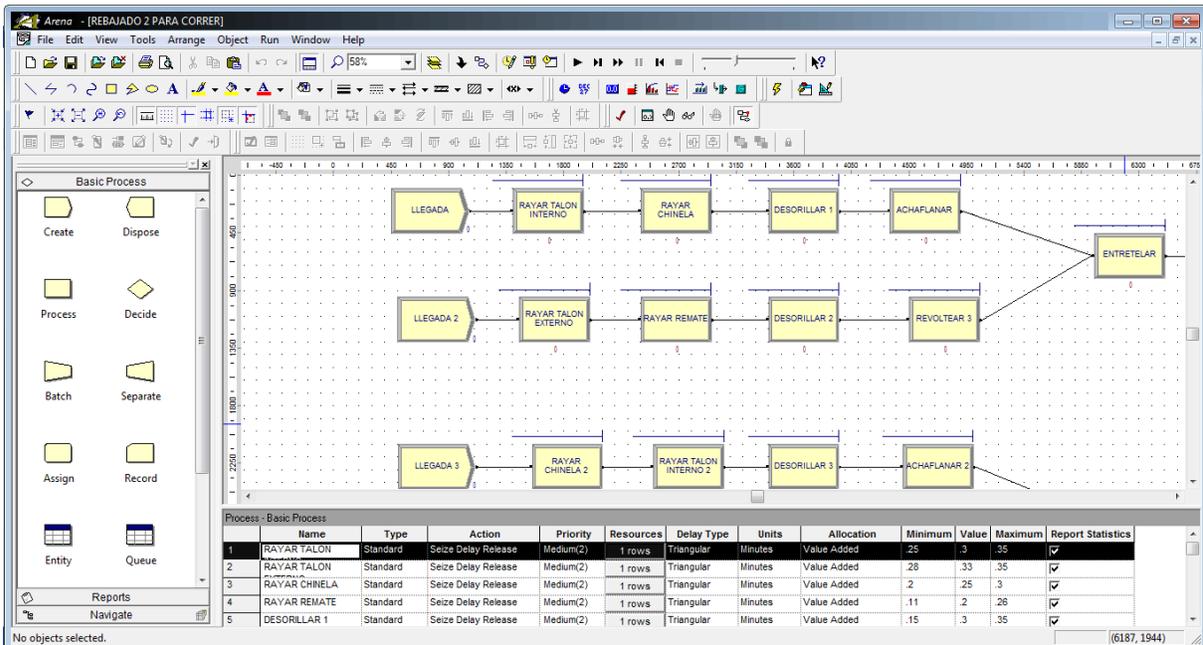


Figura 5 Recursos Módulo Process

Después se añadió un recurso para asignarle un nombre y un número de unidades a procesar, las cuales serán tomadas por entidad. El colocar más de un recurso dentro del proceso quiere decir que las unidades tomarán la cantidad de unidades de cada recurso, antes de procesarse como una máquina, y dos operadores y las cantidades liberadoras soltarán la cantidad especificada de los recursos correspondientes.

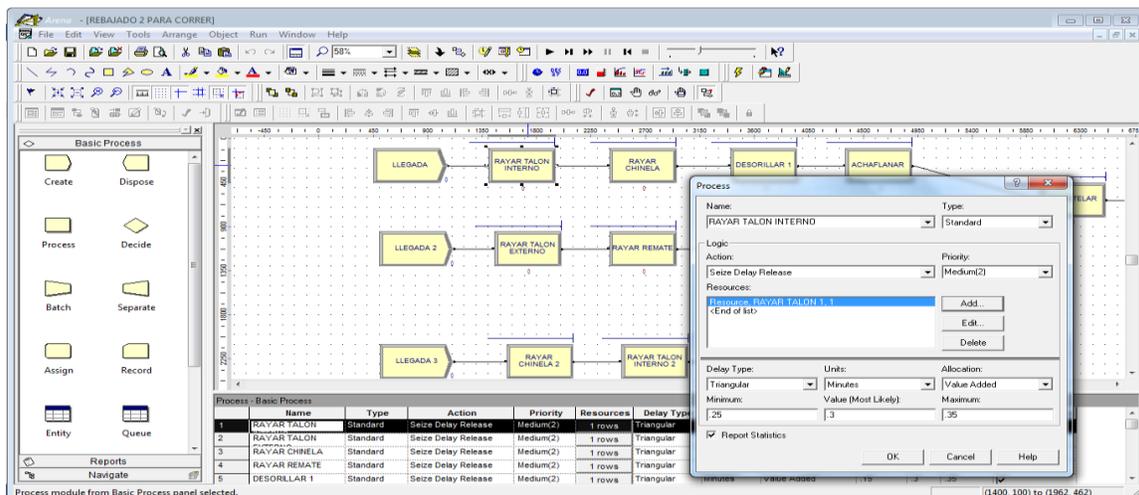


Figura 6 Añadir recurso

Después se seleccionó el tipo de demora que se va a trabajar. En este caso, dentro del software, existen 3 tipos de distribuciones de probabilidad: normal, triangular y uniforme. En una constante, o en una expresión general, debemos de especificar el tiempo en el cual habrá retrasos numéricos, para esto existe un campo, que se refiere a como se va a cargar este retraso (ver Figura 7).

Process - Basic Process												
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Report Statistics
9	ENTRETELAR	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	.5	1.5	1.8	<input checked="" type="checkbox"/>
10	TROQUELAR 4	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	.5	1.5	2	<input checked="" type="checkbox"/>
11	ESCANEAR	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	.5	1.5	2	<input checked="" type="checkbox"/>
12	RAYAR CHNELA 2	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	.2	.25	3	<input checked="" type="checkbox"/>
13	RAYAR REMATE 3	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	.26	.3	.35	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 7 Tipos de demoras de proceso básico

Después se realizó las características correspondientes a cada recurso en el modelo, así como la capacidad. En este caso existen 2 tipos de capacidades, la fija y la variable, de acuerdo con el programa calendarizado (ver Figura 8).

Resource - Basic Process										
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	State Set Name	Failures	Report Statistics	
1	RAYAR TALON 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	RAYAR TALON2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Resource 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	RAYAR REMATE 2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	DESORILLAR	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura: 8 Características de los recursos

Cuando el recurso esté ocupado seleccionamos el tipo de espera que esperamos para nuestro modelo, aquí podremos establecer qué tipo de operación requerimos. En este caso especificaremos primeras entradas y primeras salidas, con esto establecemos que las pizzas que lleguen primero al inicio de la línea de producción, sean las que salgan primero.

Queue - Basic Process				
	Name	Type	Shared	Report Statistics
1	RAYAR TALON EXTERNO.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	RAYAR TALON INTERNO.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	RAYAR CHNELA.Queue	Last In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	RAYAR REMATE.Queue	Lowest Attribute Value	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	DESORILLAR 2.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura: 9 Tipos de colas

Con todo esto es posible animar la cola que fue creada, para esto utilizaremos una herramienta para la animación de la cola, durante el tiempo de operación se presentará una imagen, la cual simulará la operación de proceso (ver Figura9).

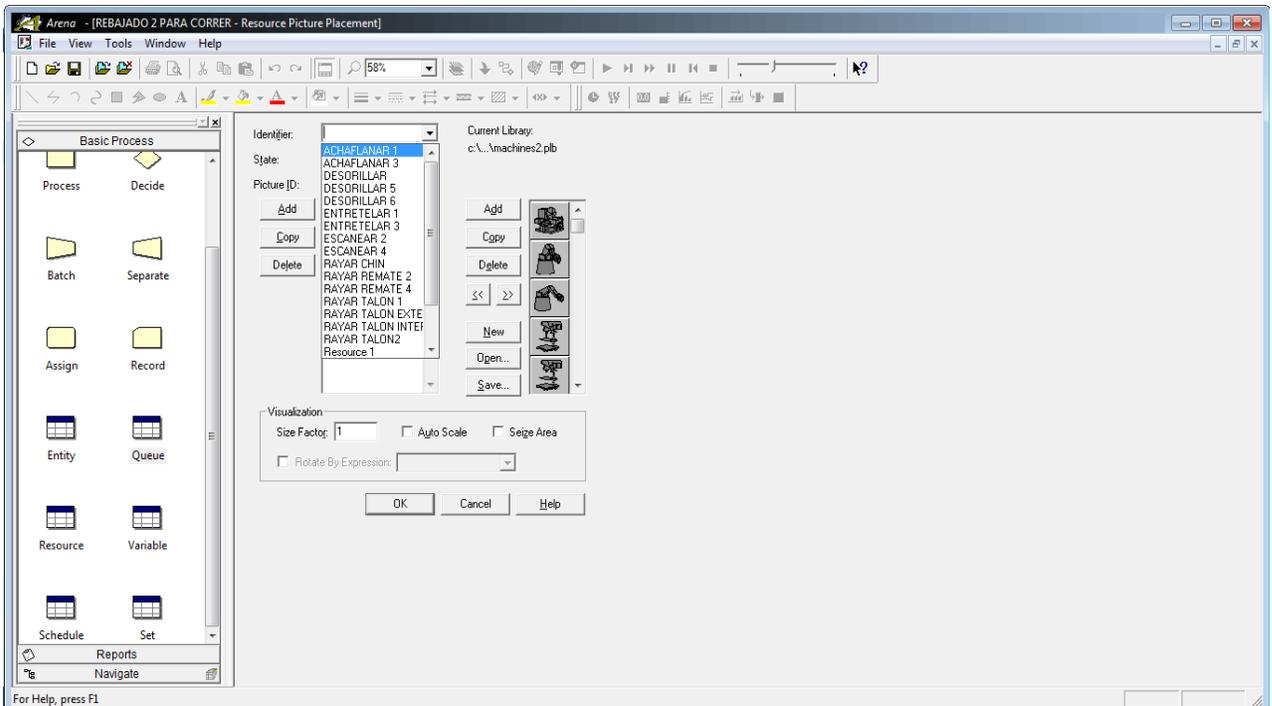


Figura 10 Animar un recurso

En este cuadro identificaremos el tipo de recurso que deseamos animar. De no hacerlo, generaremos un error en el sistema que impedirá la correcta ejecución del programa. Dentro de las ventanas de animación existen diferentes tipos de imágenes que podemos insertar (ver Figura10).

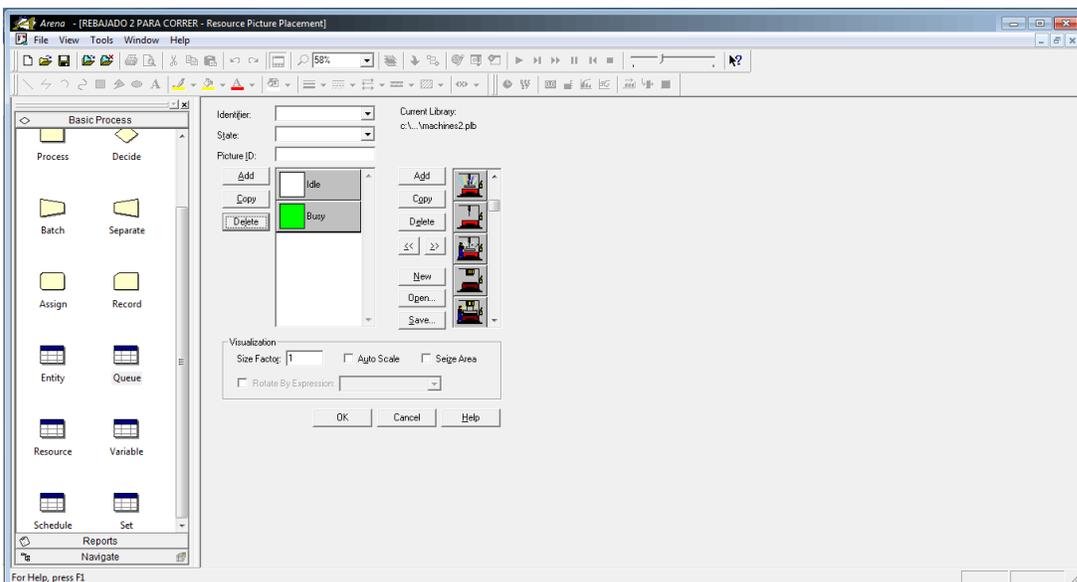


Figura 11 Seleccionar tipo de animación

Dentro de este cuadro podemos también establecer qué tipo de animación requerimos para la espera, la cual es generada al momento de realizar la operación. A su vez podemos emplear la imagen que mejor sea de ayuda para animar el estado de la máquina en que se encuentre, podemos hacer esto mediante la opción Status y al añadir State podemos añadir el número de estados que más creamos convenientes (ver Figura11).

El software también permite ingresar nuevas imágenes con la opción agregar en la cual se puede agregar la imagen que nosotros queramos para representar la simulación estos nos ayuda a dar un poco más de presentación a nuestro modelo para presentar una simulación más detallada

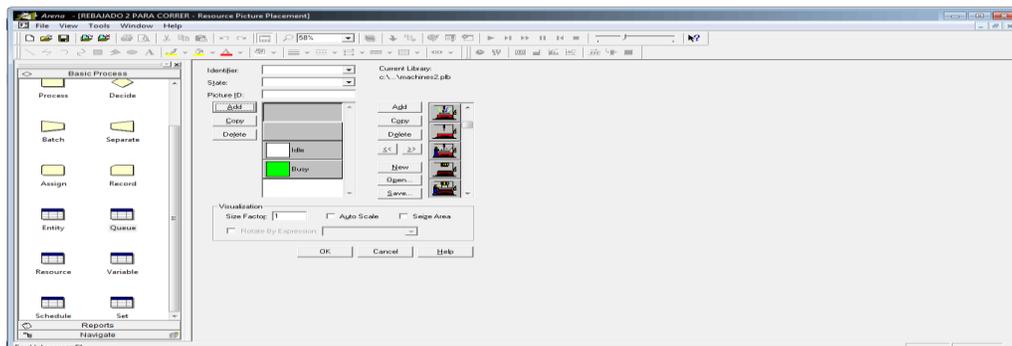


Figura 12 Agregar un estado

Posteriormente vamos a colocar la imagen que queramos. Es necesario seleccionar la imagen y desplazarla al estado que queramos animar, esto nos permite tener una mayor visibilidad de cómo funciona el sistema en la barra de proyectos. En la simulación se pueden observar como cada uno de los recursos corre a través de cada uno de los procesos.

Todos los procesos cuentan con un tiempo, el cual es la cola que simulará el proceso, de allí proviene la animación. Con esto podemos establecer el valor más próximo en cada uno de los procesos y el valor máximo y mínimo de cada una de las operaciones que componen nuestro modelo. En promedio cada operación oscila entre .5 y .8 minutos de operación (ver Figura 12).

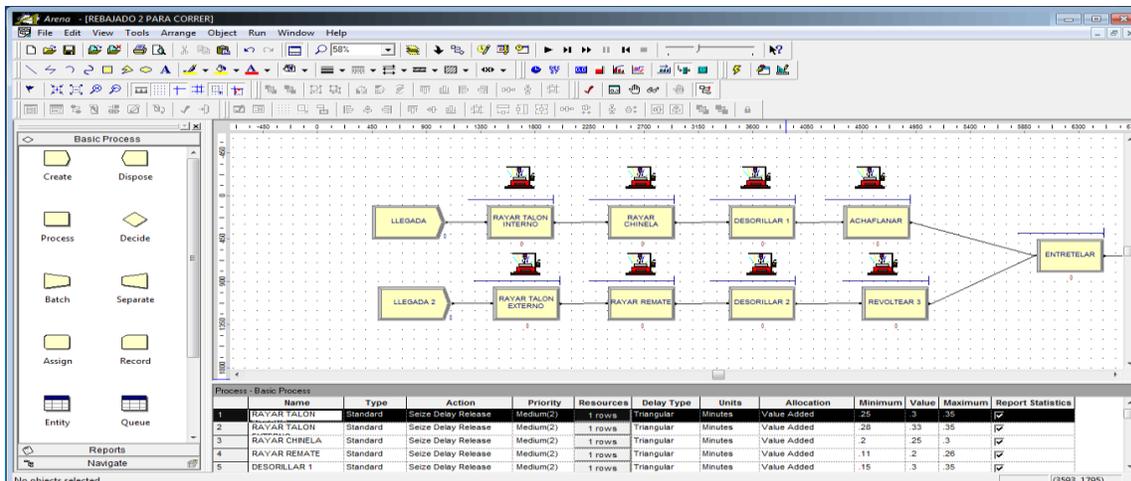


Figura: 13 Animaciones en pantalla

Después tenemos que conectar los módulos del diagrama de flujo. Esto lo podemos hacer mediante la herramienta Conect, que encontramos en la parte superior de nuestra barra de herramientas. Los módulos se conectan de derecha a izquierda por líneas llamadas conectoras, estas establecen las secuencias de todas las partes que seguirán, con forme progresan, de un módulo del diagrama de flujo a otro. Esto se hace mediante puntos de línea, para hacer más visibles estos el software provee un cuadro verde, para indicar que es un punto de salida del proceso y un punto de color rojo para un punto de entrada.

Cuando se hace la conexión, al momento de realizar la simulación, se mostrarán los iconos de la entidad, que en este caso serían las partes que van fluyendo por el sistema, pasando por las conexiones, conforme se ejecuta la simulación. Esto es para saber que cuando se está corriendo la simulación se están realizando las transferencias de un proceso a otro, en este caso van de: Rayado a Rebajado, de Rebajado a Entretelado y de Entretelado a Troquel (ver Figura13).

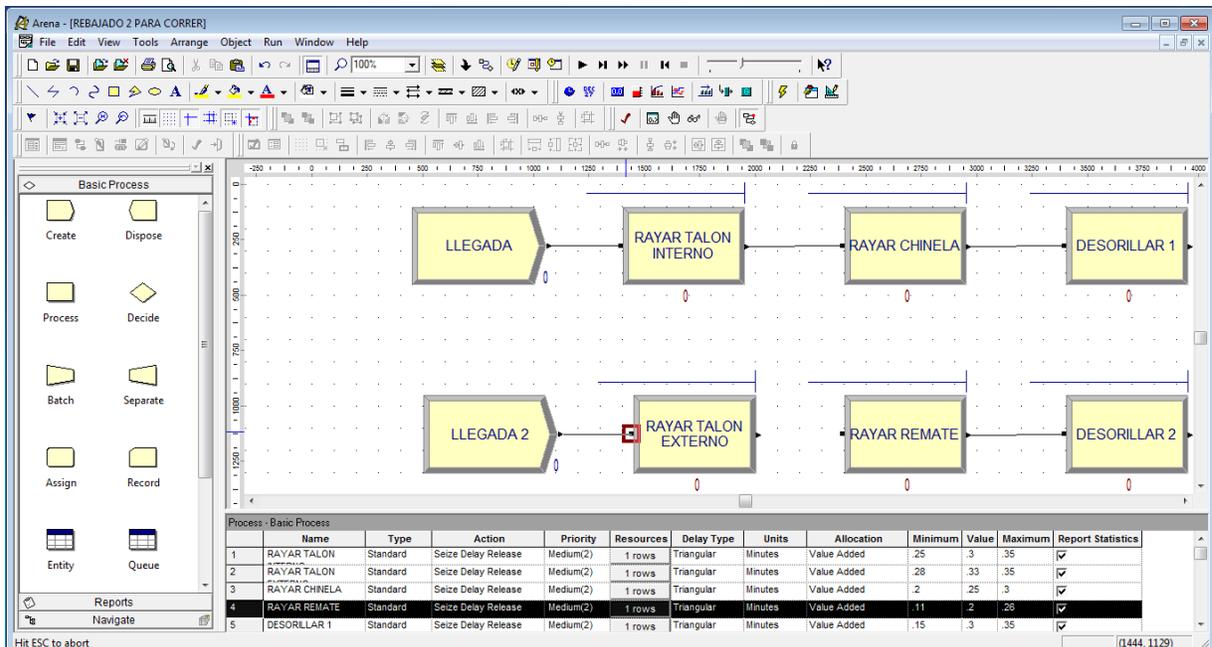


Figura 14 Conectar un recurso

Después de haber conectado todos los elementos del proceso, tendremos que colocar el nombre del proyecto que, en este caso, llamaremos simulación del proceso en el Departamento de Rebajado y una breve descripción de lo que se está modelando (ver Figura 14).

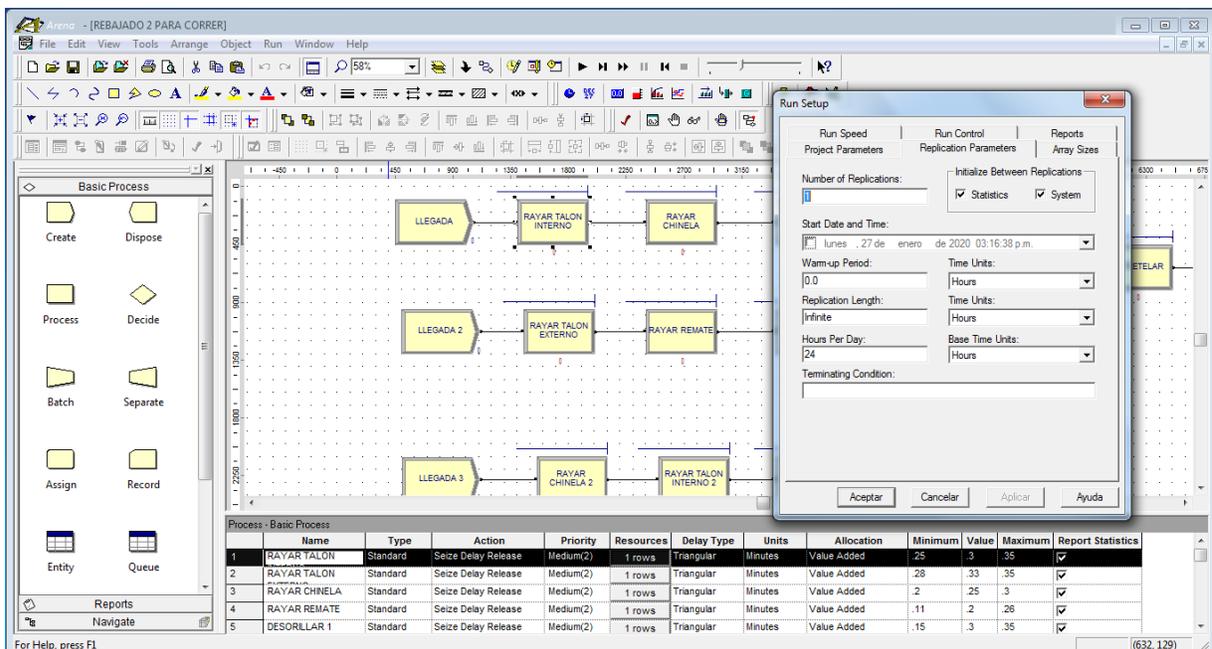


Figura 15 Setup para correr el modelo

Dentro del modelo de simulación a realizar, dentro de su funcionamiento podemos establecer el número de minutos que queremos simular. Para nuestro modelado se trabajó con una jornada de 525 minutos (ver Figura15).

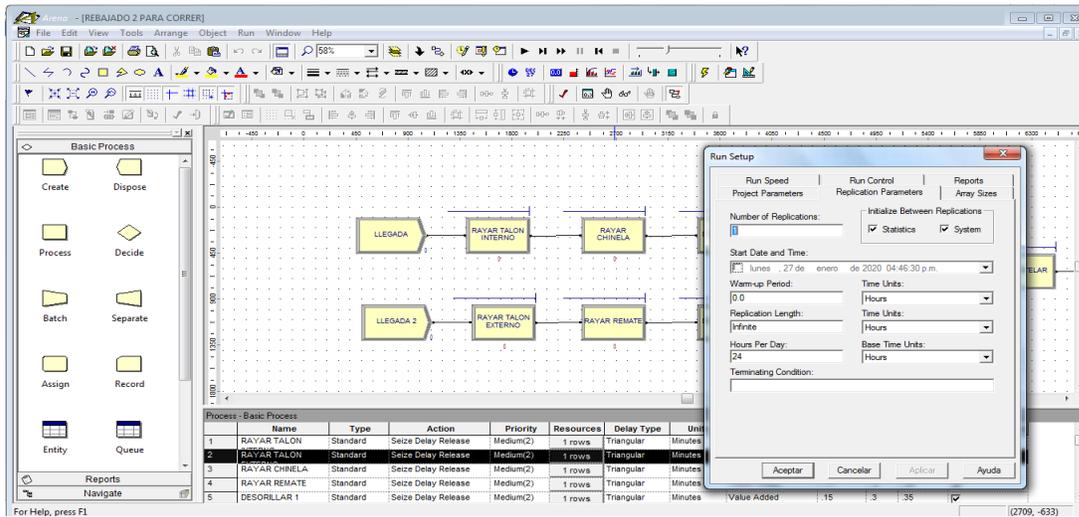


Figura 16: Modificación de la duración de la simulación

Después de realizar el simulado se nos muestra una tabla de resultados, la cual muestra lo siguiente: (ver Figura 16)

- Tiempo total promedio del sistema.
- Uso instantáneo.
- Número de unidades que entran.
- Número de unidades que salen.
- Tiempo de espera promedio de todas las colas.
- Trabajo en proceso.

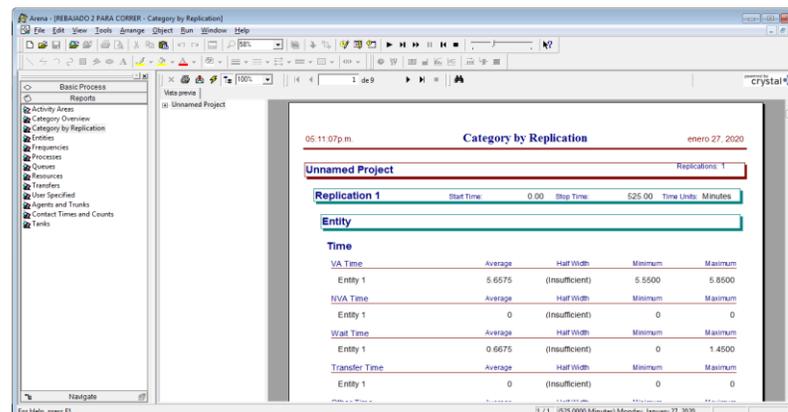


Figura: 17 Tablas de resultados

3.4 Implementación del modelo en planta

Después de realizar el análisis de simulación se encontró que era factible realizar un movimiento en el cual se modificará el flujo de trabajo en línea recta, lo que generaría un incremento de la productividad. Con esto se pretende eliminar los cuellos de botella que se generaban en el Departamento a continuación se muestra como se encontraba distribuido el departamento de coordinado antes de la implementación (ver Figura 17).

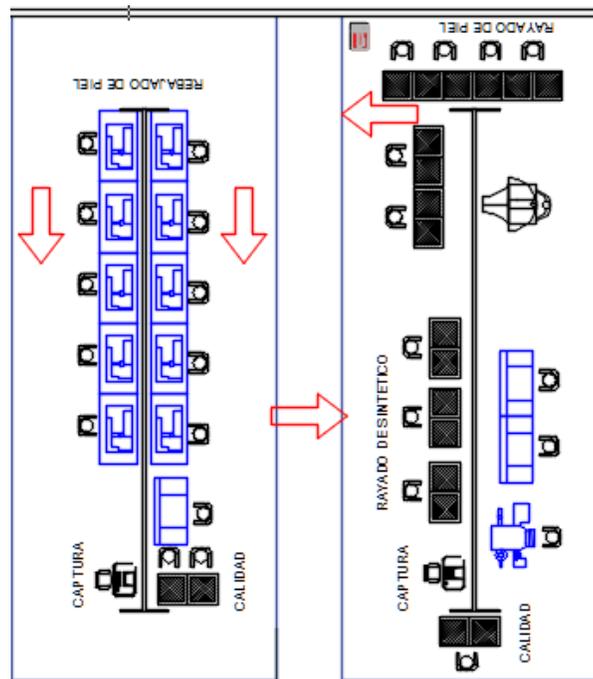


Figura 18: Departamento de coordinado antes de implementar el nuevo modelo productivo

A continuación se presenta una descripción de cómo se encontraba el proceso antes de realizar la implementación: Iniciaba en el área de Rayado, la cual tenía que procesar todos los estilos simultáneamente y después escanearlos, dentro de esta área no se tenía un control de los pares que entraban o los pares que salían, esto ocasionaba que algunos estilos a producir se retrasaran debido al descontrol generado y a la incapacidad para cumplir con la demanda del siguiente departamento; el siguiente departamento rebajado trabajaba empleando una sola línea de producción realizando todas las operaciones de este departamento: desorillado, achaflanado, revolteado y el achaflanado tipo flor para todos los estilos existentes en la maquiladora y después se escaneaba; esto ocasionaba un descontrol ya que no se conocía en que parte del proceso de rebajado se encontraban muchas de las tareas a producir por lo que constantemente se tenían que trabajar horas extra para poder cumplir con la demanda de los siguientes departamentos, después se realiza el proceso de entretelado el cual procesa todo lo que el departamento de rebajado procese en este departamento

también se contaba solo con una sola línea de producción para poder procesar mas de 5 estilos lo que ocasionaba que algunos estilo se quedaran en paro hasta que se procesaran los que iban por delante y al final se escaneaban.

Dentro de este Departamento se tenía un producción semanal de 15 500 pares, esto representaba una ineficiencia de un 28% comparándola con la producción necesaria que eran 17500 pares. Después de realizar múltiples simulaciones del proceso buscando la manera mas eficiente de incrementar la simulación del proceso sin utilizar mas recursos de los necesarios y buscando la manera más eficiente de procesar todos los estilo disponibles a la vez esta búsqueda nos llevó a encontrar la solución más óptima la cual fue dividir la línea de producción existente en 2 líneas de producción autónomas que pudieran procesar los 5 estilos existentes al mismo tiempo.

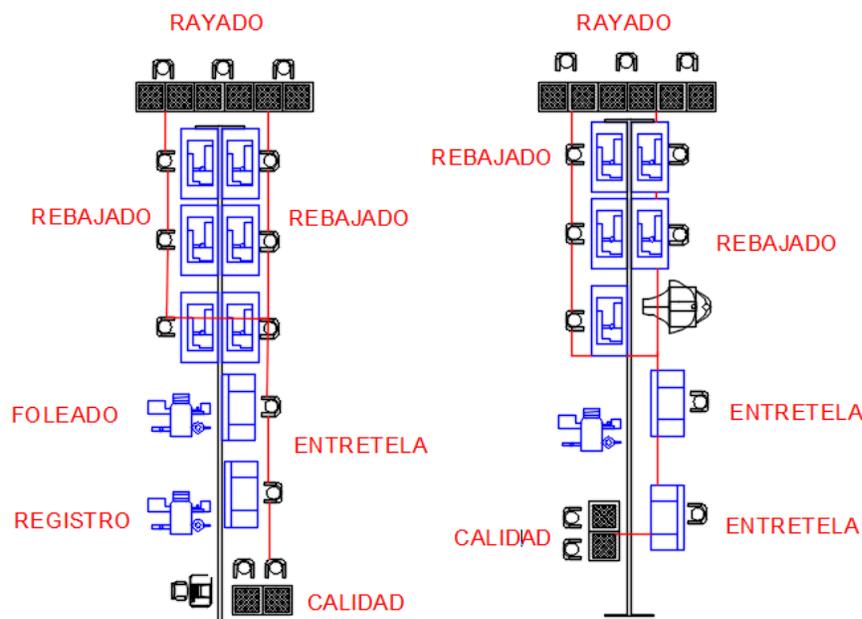


Figura 19 Propuesta de modelo productivo

Aquí se muestra cómo es que se modificara el proceso de Coordinado. Este método ya fue simulado y arrojó resultados positivos, por lo que se dio el siguiente paso a la implementación de este nuevo método, el cual divide en dos las líneas de producción, produciendo a la vez cinco estilos diferentes y no solo uno. Esto se realizó con el apoyo de los supervisores y con el apoyo de dirección. El sistema creado se basa en una línea de producción la cual realice todos los procesos que se realizan en el departamento de coordinado, para poder cumplir con la demanda de todos los estilos a procesar se crearon 2 líneas de producción basadas en este mismo modelo de producción.

En los inicios de la simulación del proceso se tenía que tomar en cuenta el proceso en su totalidad por lo que se desarrolló un diagrama de flujo de proceso y un diagrama de

operaciones (ver tabla 9) en este se identificaron todas las operaciones que se realizan y se encontró que se estaban realizando movimientos innecesarios los cuales se presentaban al escanear demasiadas veces el material procesado y el traslado de material de un proceso a otro esto generaba un incremento en el tiempo ciclo en las operaciones realizadas lo que restringía el flujo de trabajo optimo hacia el siguiente departamento.

Los movimientos innecesarios encontrados después de realizar el diagrama de flujo fueron principalmente traslados y escaneos innecesarios, debido a que los pares que salen al final de la línea deben de ser los que entran no es necesario realizar tantos escaneos y traslados a continuación se presentan los movimientos eliminados: Traslado a rebajado, Escaneo de piezas rebajadas, Traslado a entretela, Traslado a escaneo de entretela y Escaneo de piezas entreteladas todas estas operaciones incrementan el tiempo ciclo de la línea de producción por lo que el realizar todas estas disminuye la productividad al final del día, el tiempo ciclo de la línea de producción de rebajado antes de eliminar los movimientos innecesarios era de 6.96 y después de eliminar esos movimientos innecesarios disminuyo a 5.81 con una diferencia de 1.15 se incrementa la productividad 16.52%

Con todos estos datos y la simulación del proceso se aseguran resultados positivos que nos permiten realizar las modificaciones al proceso después de esto se encontró que el realizar cualquier movimiento dentro de la línea de producción generaría una curva de aprendizaje, debido a que el sistema de pago dependía del número de pares procesados semanalmente se podría afectar su pago semanal y para no afectar el pago de los operadores se tomó la primer semana como curva de aprendizaje y su sueldo fue el mismo que habían estado percibiendo las ultimas semanas antes de realizar la implementación esto es debido a que el cambio representa una manera distinta de trabajar a la cual no están acostumbrados y los primeros días el operador tiene que adaptarse a la nueva manera de trabajar.

El primer día de implementación el operador mostro su inconformidad por la creación de las 2 líneas de producción debido a que habían generado cierto grado de compañerismo dentro de la línea por lo que este cambio ocasiono que fueran separados y sacados de su zona de confort todo esto ocasiono que el trabajado mostrara sus indiferencias con el cambio en el departamento de recursos humanos

Para reducir la afectación de los trabajadores se desarrolló un sistema de pago en el cual se establece un precio por par, este precio por par depende del estilo que sea procesado esto implica en toda la línea de producción para: rebajado, rayado, entretelado y troquel.

		MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA S.A DE C.V					FECHA DE REVISION	
							09/01/2019	
CODIGO DE DOCUMENTO		NOMBRE DE DOCUMENTO					0	
FO-IN-10		Diagrama de proceso						
Nombre del proceso:		Rayado, Rebajado, Entretela y Troquel					Fecha: 28/01/2019	
Diagrama:		Coordinado						
Departamento:		Corte- coordinado						
Se inicia en:		Escaneo de tareas						
Se termina en:		Pase a despunte						
Hecho en:		Maqob San Luis de la paz Guanajuato						
Descripción del metodo	Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempos
Escaneo de tarea	○	□	→	D	▽			0.2
Se lleva al inicio de la línea	○	□	→	D	▽	21.53	1	0.4
Rayar talones	○	□	→	D	▽			0.3
Rayar chinela	○	□	→	D	▽			0.3
Rayar lengua	○	□	→	D	▽			0.2
Rayar remate	○	□	→	D	▽			0.2
Traslado a rebajado	○	□	→	D	▽	4	1	0.2
Despalmado por flor talones	○	□	→	D	▽			0.2
Despalmar por flor chinela	○	□	→	D	▽			0.25
Despalmado por flor remate	○	□	→	D	▽			0.15
Desorillar talones	○	□	→	D	▽			0.15
Desorillar remate	○	□	→	D	▽			0.13
Desorillar chinela	○	□	→	D	▽			0.13
Desorillar lengua	○	□	→	D	▽			0.3
Achafanar chinela	○	□	→	D	▽			0.3
Achafanar talones	○	□	→	D	▽			0.25
Revoltear talones	○	□	→	D	▽			0.3
Revoltear remate	○	□	→	D	▽			0.3
Revisión de calidad	○	□	→	D	▽			0.2
Traslado a scaneo de rebajado	○	□	→	D	▽	5	1	0.25
Scaneo de piezas rebajadas	○	□	→	D	▽			0.2
Traslado a entretela	○	□	→	D	▽	3	1	0.15
Entretelar talones	○	□	→	D	▽			0.15
Traslado a scaneo de entretela	○	□	→	D	▽	3	1	0.15
Scaneo de entretela	○	□	→	D	▽			0.2
Troquelado de talon	○	□	→	D	▽			0.3
Revisión de calidad	○	□	→	D	▽			0.3
Escaneo para desglose	○	□	→	D	▽			0.2
Traslado a desglose	○	□	→	D	▽	33.22	1	0.6
Total:						69.75	6	6.96

Tabla 10 Diagrama de flujo sin los movimientos innecesarios

Tabla 11 Diagrama de flujo sin los movimientos innecesarios

		MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA S.A DE C.V						FECHA DE REVISION 09/01/2019	
CODIGO DE DOCUMENTO FO-IN-10		NOMBRE DE DOCUMENTO Diagrama de proceso						NO DE REVISION 0	
Nombre del proceso: Rayado,Rebajado,Entretela y Troquel		Fecha: 28/01/2019							
Diagrama: Coordinado									
Departamento: Corte- coordinado									
Se inicia en: Escaneo de tareas									
Se termina en: Pase a respunte									
Hecho en: Maqob San Luis de la paz Guanajuato									
Descripcion del metodo	Operación	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempos	
Escaneo de tarea	○	□	➡	D	▽			0.2	
Se lleva al inicio de la linea	○	□	➡	D	▽	21.53	1	0.4	
Rayar talones	○	□	➡	D	▽			0.3	
Rayar chinela	○	□	➡	D	▽			0.3	
Rayar lengua	○	□	➡	D	▽			0.2	
Rayar remate	○	□	➡	D	▽			0.2	
Despalmado por flor talones	○	□	➡	D	▽			0.2	
Despalmar por flor chinela	○	□	➡	D	▽			0.25	
Despalmado por flor remate	○	□	➡	D	▽			0.15	
Desorillar talones	○	□	➡	D	▽			0.15	
Desorillar remate	○	□	➡	D	▽			0.13	
Desorillar chinela	○	□	➡	D	▽			0.13	
Desorillar lengua	○	□	➡	D	▽			0.3	
Achaflanar chinela	○	□	➡	D	▽			0.3	
Achaflanar talones	○	□	➡	D	▽			0.25	
Revoltear talones	○	□	➡	D	▽			0.3	
Revoltear remate	○	□	➡	D	▽			0.3	
Revision de calidad	○	□	➡	D	▽			0.2	
Entretelar talones	○	□	➡	D	▽			0.15	
Troquelado de talon	○	□	➡	D	▽			0.3	
Revision de calidad	○	□	➡	D	▽			0.3	
Escaneo para desglose	○	□	➡	D	▽			0.2	
Traslado a desglose	○	□	➡	D	▽	33.22	1	0.6	
Total:						54.75	2	5.81	

Ahora se muestra un diagrama de flujo de recorrido en el cual se muestra como fluye el proceso en cada departamento con este diagrama nos damos cuenta de la cantidad de líneas de producción (rinks) así llamados en respuntes las cuales son 9 estas líneas de producción procesan cada una diferentes estilos o el mismo dependiendo de la programación; se asigna que estilo debe procesar.

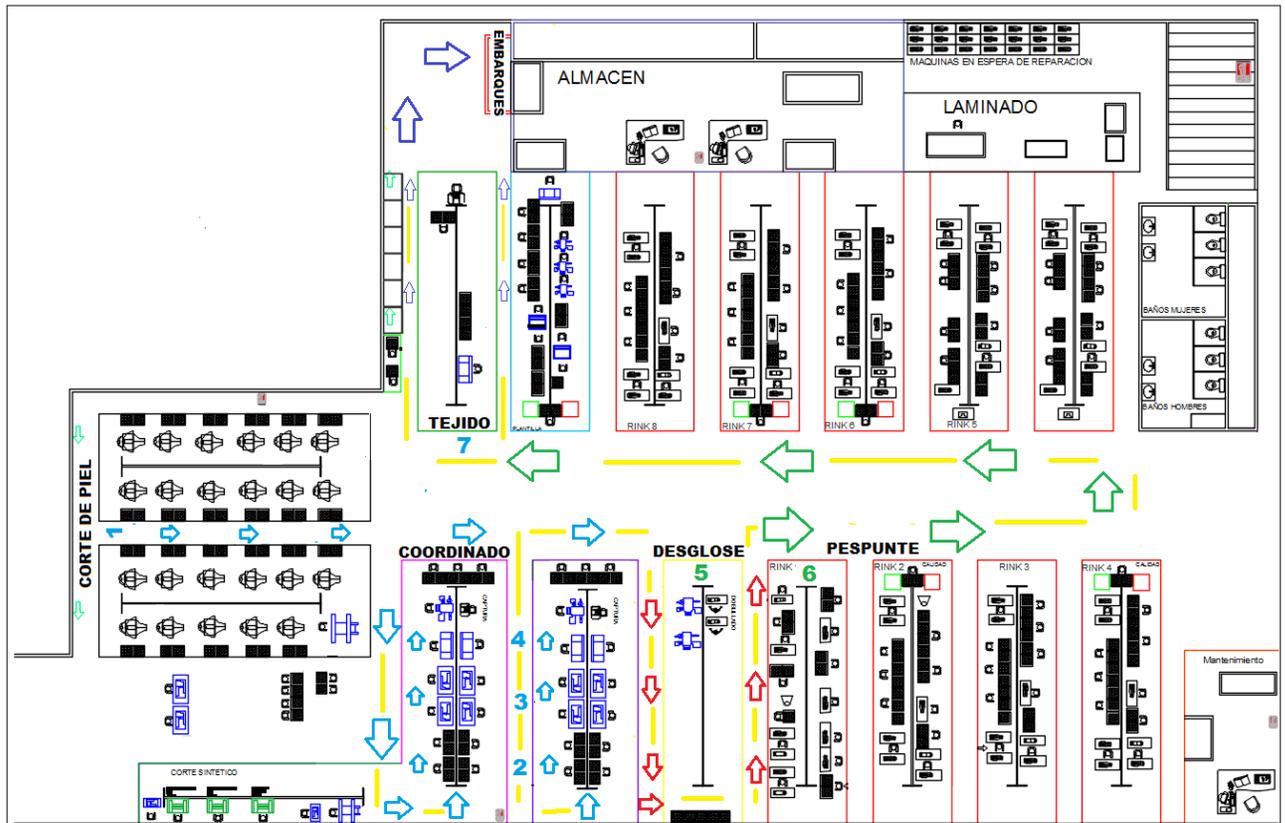


Figura 20 Diagrama de flujo de proceso Maquiladora de calzado Ortiz Becerra

En el diagrama se muestra el inicio de la producción que comienza en corte para después ser trasladado a rayado después a rebajado luego a entretela y por ultimo a troquel estos últimos cuatro pertenecientes al departamento de coordinado ya procesado el proceso fluye hacia el departamento de respunte este cuenta con 9 líneas de producción las cuales deben de ser abastecidas al mismo tiempo es por eso que se crearon las 2 líneas para asegurar el abastecimiento del proceso ya después de realizar el proceso de respunte que es donde se arma todo el zapato o corte dentro de este departamento se realizan diferentes fracciones divididas en preliminares y respunte este departamento no sufrió ningún cambio solamente fue beneficiado debido al incremento de la producción de coordinado con esto el personal de producción de respunte conto con el trabajo suficiente para poder cumplir con sus cuotas de producción y adelantar su trabajo del día sábado; a continuación se muestra un diagrama de operaciones de las diferentes operaciones que se realizan en dicho

departamento después de realizar este proceso es trasladado al departamento de tejido y ya posteriormente es mandado a embarques donde le es generado un folio y un código para el cliente final flexi

Tabla 8 Diagrama de operaciones proceso de pespunte

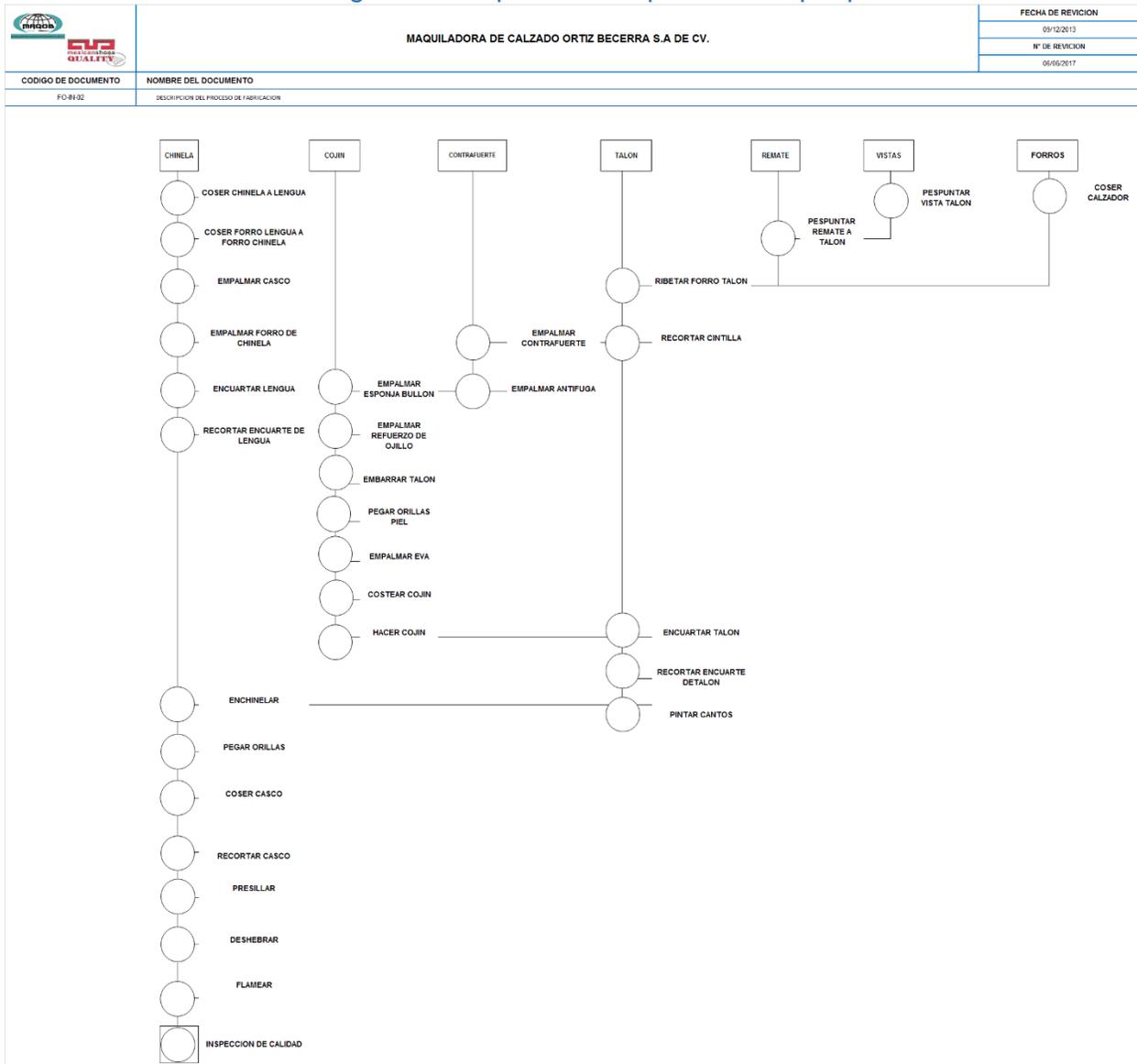


Diagrama de operaciones proceso de pespunte; estas son todas las operaciones que se desarrollan en el proceso de pespunte las cuales varían dependiendo del estilo en este caso se muestra el estilo 48304 línea Ofelia pero aparte de este se procesan otros 5 estilos más como los son 48301,48302,35301,101902,45602 es por ello que se realizaron todos estos movimientos para así incrementar la productividad de este

departamento y aumentar el número de capital que ingresa a la maquiladora de calzado ya que el cliente solo paga el zapato totalmente armado

Para la línea de producción de coordinado su tiempo ciclo es de 7.26 minutos esto nos sirve para calcular la capacidad de línea con ayuda de la siguiente formula:

Pares por línea: (Número de personas por línea) (Jornada) / Tiempo total de la línea de producción.

Jornada: 525 Minutos

Formula 2: Capacidad de línea

A continuación se muestra el número de personas por línea. Esta información nos será útil para calcular la capacidad de la línea de producción (ver Tabla 11).

Tabla 11: Capacidad de la línea de producción con movimientos innecesarios

Proceso	No de personas	Minutos disponibles	Tiempo total de la línea	Capacidad diaria
Rallado	12	6300	7.26	2097.10744
Rebajado	12	6300		
Entretelado	4	2100		
Troquelado	1	525		
Total	29	15225		

Después de hacer el cálculo tenemos una capacidad de línea de 2 097 pares, sin descontar los dos movimientos innecesarios que son el traslado hacia Rebajado y el escaneo de tareas de Entretela. Estos dos movimientos innecesarios dan un total de .45 minutos (Ver tabla 12).

Tabla 12: Capacidad de la línea sin movimientos innecesarios

Proceso	No de personas	Minutos disponibles	Tiempo total de la línea	Capacidad diaria
Rallado	12	6300	6.81	2235.68282
Rebajado	12	6300		
Entretelado	4	2100		
Troquelado	1	525		
Total	29	15225		

Se incrementó la productividad en este Departamento en un 6.58%, esto representa 138.58 pares diarios. Se trabajan 5.5 días a la semana, entonces, semanalmente se estarían produciendo 762.19 pares más, con solo eliminar dos movimientos innecesarios. El crear dos líneas de producción, que procesen todos los estilo a la vez incrementará un 13.16% la productividad en ese Departamento. A continuación se muestran los resultados esperados con la creación de estas dos líneas. Además se

hizo un análisis de factibilidad en este Departamento, para conocer las necesidades de cada estilo en específico y los resultados fueron los siguientes (ver Tabla 13).

Tabla 13: Capacidad del nuevo modelo

35301	RAYADORES NECESARIOS 3	PARES: 110 X HORA	OFELIA	RAYADORES NECESARIOS 8	PARES X HORA: 282
35301	REBAJADORES NECESARIOS 5	122 X HORA	OFELIA	REBAJADORES NECESARIOS 6	PARES X HORA: 192
35301	ENTRETELADORES	1200 PARES POR DIA	OFELIA	ENTRETELADORES NECESARIOS:2	PARES X HORA: 189
PARES POR DIA PRODUCIDOS 1200			OFELIA	PARES PRODUCIDOS POR DIA: 1606	
PARES POR DIA REQUERIDOS 35301,35303: 1046			OFELIA	PARES REQUERIDOS OFELIA 1500 EL OFELIA 48301 NO SE ENTRETELA	
PARES TOTALES PRODUCIDOS: 3546 POR DIA					
PARES PRODUCIDOS POR SEMANA CON ESTE METODO: 19481					

Después de realizar el estudio de simulación y con el análisis de factibilidad mostrado anteriormente, se tomó la decisión de implementar el nuevo método; se implemento la creación de las 2 nuevas líneas en el inicio se genero un poco de descontrol debido a que el personal no estaba acostumbrado a trabajar de esa manera por lo que se hablo con el personal por la mañana y se estableció un método de trabajo basado en la capacidad de entrada de las líneas de producción para así no saturar el sistema con trabajo innecesario en el proceso a continuación se muestra una imagen de como inicio el proceso al crear las nuevas líneas



En la imagen se puede observar el gran número de canastillas de producción con el nuevo modelo de producción se pretenden eliminar los siguientes desperdicios:

- Transportes: movimiento excesivo de material.
- Inventario: exceso de inventario dentro de la línea de producción.
- Sobre procesamiento: la misma tarea es rebajada más de una vez, lo que impide el flujo constante de materiales.
- Esperas: el trabajador para constantemente, ya que tiene que ajustar la máquina de rebajado cuando llegan otros estilos, para los que su máquina no está ajustada.

Figura 20: Departamento de coordinado antes de la implementación



Figura 21 Movimiento de la maquinaria para el nuevo modelo productivo

En esta imagen se aprecia el descontrol que existía antes de la implementación de las dos líneas de producción. En esta se puede observar el gran numero de trabajo estancado en ese departamento a su vez se nota la incapacidad de la línea para poder cumplir con la cuota de producción diaria esto es ocasionado por diversos factores que interfieren en el cumplimiento cuando se implemento el modelo productivo previamente se había hablado de los cambios que surgirían por lo que los trabajadores mostraron su inconformidad debido a esto se toma la decisión junto con dirección de realizar el

movimiento sin avisar al trabajador esto ocasiono un descontrol al día siguiente de la implementación pero ya se describió anteriormente como fue resuelto el problema



Figura 22: Movimiento de la maquinaria para el nuevo modelo productivo línea 2

Aquí se muestra la segunda línea de producción, la cual también presenta un cuello de botella. Durante la implementación de las dos líneas de producción los operadores manifestaron su inquietud por la forma de pago, debido a que ellos creían que el nuevo sistema sería ineficiente y no generaría su sueldo esperado. Debido a esto se desarrolló una nueva forma de pago, en la cual cada línea de producción sería autónoma y su pago correspondería a los pares producidos. Semanalmente se calcularía el costo por par de cada una de las fracciones realizadas y así se realizaría el pago, con esto se disminuyó la resistencia al cambio. Durante la primer semana se manejó el sueldo que estaban ganado habitualmente, pero para la segunda semana entro la nueva forma de pago. Después de realizar el movimiento, se comparó lo producido en la semana 46 y en la semana 47. A continuación se muestra (ver Figura 22):



Figura 23: Incremento de la productividad en el Departamento de Coordinado

En la semana 46 se produjeron 15 500 pares. En la semana 47, ya una vez realizado el movimiento, se produjeron 17 320 pares, con una diferencia de 1 820 pares, lo que representa un incremento de 10.50% en ese Departamento.

A continuación se muestra una gráfica mensual del incremento en ese Departamento (ver Figura 23).

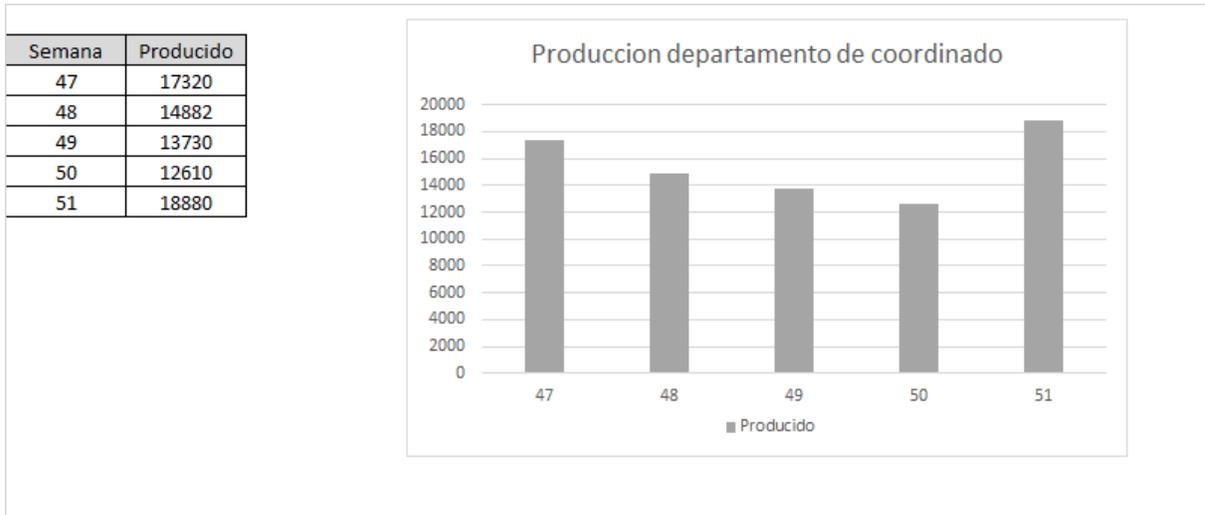


Figura 24: Productividad del Departamento de Coordinado Semana 47, 48, 49, 50

Para la forma de pago, que fue uno de los descontentos por parte del trabajador, se calculó el costo por par de cada uno de los estilos a producir, con esto se realizaría el pago de nómina. Esto también fue un factor por el cual se incrementó la productividad, para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

Sueldo	1450
Minutos por día	525
Minutos semanales	2887.5
Días trabajados	5.5
Costo por minuto	0.502164502

Minutos semanales: (Minutos por día) (Días trabajados)

Costo por minuto: Sueldo / Minutos semanales

Minutos ocupados: (Tiempo del estilo) (Pares producidos)

Costo por par: (Tiempo del estilo) (Costo por minuto)

Sueldo a recibir: (Pares producidos) (Costo por par)

Formula 3: Fórmulas para calcular el costo por par

Antes de realizar las modificaciones un operario normal ganaba \$1 450 pesos semanales, con el ingreso del pago por destajo se incrementó en promedio a \$2 000 pesos debido a que se autorizó por parte de dirección la modificación del sistema de pago por semana al sistema de pago por destajo en promedio se incrementó el pago del operador a un 37% este incremento estaría sujeto a cambios debido a que su pago depende del número de pares procesados y el estilo que sea procesado A continuación se muestra un ejemplo de una nómina semanal utilizando el pago por destajo (ver Tabla 14 - 21).

Tabla 14: Pares procesados línea 1

LINEA 1 SEMANA 4							
DIA	VIERNES	SABADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	TOTAL
48301	750	300	370	390	490	710	3010
48302	260	140	260	720	580	450	2410
48304	130	50	190	270	160	450	1250
35301	0	0	0	0	60	30	90
35303	0	0	0	0	0	0	0
35306	0	0	0	0	0	0	0
101901	0	0	0	0	0	0	0
45602	0	50	20	300	0	20	390
101902	150	150	520	120	130	140	1210
TOTAL	1290	690	1360	1800	1420	1800	8360

LINEA 2 SEMANA 4							
DIA	VIERNES	SABADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	TOTAL
48301	770	280	460	290	500	650	2950
48302	220	120	300	670	780	220	2310
48304	230	150	200	290	280	480	1630
35301						180	180
35303							0
35306							0
45602		80	20	240			340
101902	290	80	350	290	190	150	1350
101901						20	20
TOTAL	1510	710	1330	1780	1750	1700	8780

TOTAL DE PARES PROCESADOS	17140
----------------------------------	--------------

Tabla 15: Pares procesados línea 2

A continuación se muestra el costo por par de cada uno de los estilos procesados este costo por par depende del tiempo que tarda en procesarse cada estilo este tiempo es asignado por el cliente principal que es flexi dichos tiempos son actualizados cada que se asigne una operación y este tiempo es publicado en el sistema sivap

REBAJADO		
ESTILO	TIEMPO DEL ESTILO	COSTO X PAR
48301	1.932	\$ 0.97
48302	2.63	\$ 1.32
48304	2.18	\$ 1.09
35301	1.75	\$ 0.88
35303	3.15	\$ 1.58
35306	3.15	\$ 1.58
101901	1.9	\$ 0.95
45602	1.05	\$ 0.53
101902	0.89	\$ 0.45
45602 TIRA	0.1	\$ 0.05

Esta es una de las nóminas del departamento de rebajado antes de hacer el cambio en la forma de pago solo se manejaba un sueldo fijo y no se contemplaba la cantidad de pares procesados por estilo esto perjudicaba al trabajador ya que entre mas trabajaba ganaba lo mismo es por eso que con la forma de pago fue beneficiado el trabajador y así disminuyeron sus molestias.

NOMBRE	TOTAL A RECIBIR	FALTAS	DESCUENTO	TOTAL
JENNY FLORES	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
CONSUELO ALAMILLA	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
DANIELA PADRON	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
KARINA SUAREZ	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
JAQUELIN RODRIGUEZ	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
VERONICA GARCIA	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
SONIA LUNA	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
SANDRA LUNA	\$ 1,350.00	0	\$ -	\$ 1,350.00
TOTAL	\$ 5,400.00	0	0	\$ 10,800.00

A continuación se muestra una nómina después de cambiar la forma de pago a un pago por destajo esto motivo al trabajador a producir más con menos personas dentro de la línea de producción se desglosa la nómina por línea debido a que cada línea le fue asignado un estilo o esta procesaba los estilos como le fueran llegando

El número de pares procesados es registrado día con día y al final de la semana es generado un desglose semanal de los pares procesados y conforme los pares procesados se genera su pago este número de pares procesados y la cantidad a pagar es entregado a nomina donde es realizado el pago de los pares procesados el trabajador se vio beneficiado porque percibió un mayor sueldo por semana que en semanas anteriores y la empresa también ya que dejo de pagar horas extras que cuestan el doble de una hora normal de trabajo y se incrementó la cantidad de flujo

de trabajo entregada al siguiente departamento por lo que la producción semanal de pares terminados por semana aumento y la empresa gano más entrada de capital

Tabla 16: Nómina semanal Rebajado línea 1

REBAJADO LINEA 1					
ESTILO	PARES PRODUCIDOS	TIEMPO DEL ESTILO	MINUTOS OCUPADOS	COSTO X PAR	SUELDO
48301	3010	1.932	5815.32	\$ 0.97	\$ 2,920.25
48302	2410	2.63	6338.3	\$ 1.32	\$ 3,182.87
48304	1250	2.18	2725	\$ 1.09	\$ 1,368.40
35301	90	1.75	157.5	\$ 0.88	\$ 79.09
35303	0	3.15	0	\$ 1.58	\$ -
35306	0	2.2	0	\$ 1.10	\$ -
45602	390	1.05	409.5	\$ 0.53	\$ 205.64
101901	0	2.67	0	\$ 1.34	\$ -
101902	1210	1	1210	\$ 0.50	\$ 607.62
TOTAL	8360			TOTAL	\$ 8,363.86

PERSONAS	SUELDO A RECIBIR	SUELDO X DIA	DIAS TRABAJADOS	TOTAL A RECIBIR
4	\$ 2,090.97	\$ 380.18	5.5	\$ 2,090.97

NOMBRE	TOTAL A RECIBIR	FALTAS	DESCUENTO	TOTAL	TOTAL A RECIBIR
JAQUELINE RODRIGUEZ	\$ 2,090.97		\$ -	\$ 2,090.97	\$ 2,090.97
VERONICA GARCIA	\$ 2,090.97		\$ -	\$ 2,090.97	\$ 2,090.97
SANDRA LUNA	\$ 2,090.97		\$ -	\$ 2,090.97	\$ 2,090.97
CLEMENTE RIVERA	\$ 1,600.00		\$ -	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
TOTAL	\$ 7,872.90		0	\$ 7,872.90	\$ 7,872.90

En esta tabla se muestra el incremento de sueldo hacia el operador utilizando el sistema por destajo el cual se generó en base al costo por par teniendo como base su sueldo semanal teniendo como resultado un incremento en su salario de 640 pesos debido a esto las inconformidades se redujeron (Ver tabla 16)

Tabla 17: Nómina semanal Rayado línea 1

RAYADO					
ESTILO	PARES PRODUCIDOS	TIEMPO DEL ESTILO	MINUTOS OCUPADOS	COSTO X PAR	NOMINA
48301	3050	0.6	1830	\$ 0.30	\$ 1,084.37
48302	2570	0.89	2287.3	\$ 0.45	\$ 1,355.35
48304	1700	1.74	2958	\$ 0.87	\$ 1,752.78
35301	100	0.76	76	\$ 0.38	\$ 45.03
35303		1.82	0	\$ 0.91	\$ -
35306		1.2	0	\$ 0.60	\$ -
45602	30	1.4	42	\$ 0.70	\$ 24.89
101901		1.12	0	\$ 0.56	\$ -
101902	1730	0.56	968.8	\$ 0.28	\$ 574.07
TOTAL	9180			TOTAL	\$ 4,836.49

PERSONAS	SUELDO A RECIBIR	SUELDO X DIA	DIAS TRABAJADOS	TOTAL A RECIBIR
4	\$ 1,209.12	\$ 241.82	5.5	\$ 1,100.00

NOMBRE	TOTAL A RECIBIR	FALTAS	DESCUENTO	TOTAL	EXTRA	TOTAL A RECIBIR
ALICIA ESTRELLA	\$ 1,240.12		\$ -	\$ 1,240.12	\$ -	\$ 1,240.12
SANDRA AZUCENA VILLANUEVA	\$ 1,100.00		\$ -	\$ 1,100.00	\$ -	\$ 1,100.00
YOHANA CABRERA	\$ 1,240.12		\$ -	\$ 1,240.12	\$ -	\$ 1,240.12
SONIA CARDENAS	\$ 1,240.12		\$ -	\$ 1,240.12	\$ -	\$ 1,240.12
ARTURO LOPEZ	\$ 1,200.00		\$ -	\$ 1,200.00		\$ 1,200.00
JAZMIN MARTINEZ VILLANUEVA	\$ 1,100.00		\$ -	\$ 1,100.00		\$ 1,100.00
TOTAL	\$ 7,120.36	0	0	\$ 3,580.24	0	\$ 3,580.24

En promedio un rayador gana un sueldo de 1100 pesos semanalmente con este método se incrementó a 1240 lo que ocasiono que se terminaran las inconformidades en esta área

También otro de los procesos que fue beneficiado fue el de rayado el cual también se generó un costo por par procesado el cual comenzó a producir más y con esto su pago percibido fue mayor por último el departamento de entretela también sufrió un incremento en su sueldo ocasionando que el trabajador sin necesidad de que le fuera solicitado comenzó a llegar más temprano y a quedarse más tarde de su hora de salida para así poder percibir una más efectivo al final de la semana todo esto sin necesidad de que la empresa lo solicitara al trabajador a continuación se muestra a detalle el desarrollo del pago por par

Tabla 18: Nómina semanal Entretela línea 1

ENTRETELA GUADALUPE ALAMILLA					
ESTILO	PARES PRODUCIDOS	TIEMPO DEL ESTILO	MINUTOS OCUPADOS	COSTO X PAR	NOMINA
45602		0.76	0	\$ 0.38	\$ -
48302	180	0.79	142.2	\$ 0.40	\$ 71.41
48304		0.49	0	\$ 0.25	\$ -
35301	1390	0.93	1292.7	\$ 0.47	\$ 889.15
35303		1.25	0	\$ 0.63	\$ -
101901		0.4	0	\$ 0.20	\$ -
101902		0.45	0	\$ 0.23	\$ -
35303 FORRO		0.3	0	\$ 0.15	\$ -
TOTAL	1570			TOTAL	\$ 1,350.00

Tabla 19: Nómina semanal Rebajado línea 2

REBAJADO					
ESTILO	PARES PRODUCIDOS	TIEMPO DEL ESTILO	MINUTOS OCUPADOS	COSTO X PAR	NOMINA
48301	2950	1.932	5699.4	\$ 0.97	\$ 2,747.55
48302	2310	2.63	6075.3	\$ 1.32	\$ 2,928.77
48304	1630	2.18	3553.4	\$ 1.09	\$ 1,713.02
35301	180	1.75	315	\$ 0.88	\$ 151.85
35303	0	3.15	0	\$ 1.58	\$ -
35306	0	3.15	0	\$ 1.58	\$ -
101901	20	1.9	38	\$ 0.95	\$ 18.32
45602	340	1.05	357	\$ 0.53	\$ 172.10
101902	1350	0.89	1201.5	\$ 0.45	\$ 579.22
45602 TIRA		0.1	0	\$ 0.05	\$ -
EVA 48302		0.5	0	\$ 0.25	\$ -
POLIYOU		0.5	0	\$ 0.25	\$ -
TOTAL	8780		TOTAL	\$ 9.91	\$ 8,310.83

PERSONAS	SUELDO A RECIBIR	SUELDO X DIA	DIAS TRABAJADOS	TOTAL A RECIBIR
4	\$ 2,077.71	\$ 377.77	5.5	\$ 2,077.71

NOMBRE	TOTAL A RECIBIR	FALTAS	DESCUENTO	TOTAL	TOTAL A RECIBIR
JENNY FLORES	\$ 2,077.71		\$ -	\$ 2,077.71	\$ 2,077.71
CONSUELO ALAMILLA	\$ 2,077.71		\$ -	\$ 2,077.71	\$ 2,077.71
DANIELA PADRON	\$ 2,077.71		\$ -	\$ 2,077.71	\$ 2,077.71
KARINA SUAREZ	\$ 2,077.71		\$ -	\$ 2,077.71	\$ 2,077.71
TOTAL	\$ 8,310.83	0	0	\$ 8,310.83	\$ 8,310.83

Tabla 20: Nómina semanal Rayado línea 2

RAYADO					
ESTILO	PARES PRODUCIDOS	TIEMPO DEL ESTILO	MINUTOS OCUPADOS	COSTO X PAR	NOMINA
48301	2870	0.6	1722	\$ 0.30	\$ 1,037.67
48302	2200	0.89	1958	\$ 0.45	\$ 1,179.89
48304	730	1.74	1270.2	\$ 0.87	\$ 765.42
35301		0.76	0	\$ 0.38	\$ -
35303		1.82	0	\$ 0.91	\$ -
35306		1.6	0	\$ 0.80	\$ -
101901		0.48	0	\$ 0.24	\$ -
45602	670	0.44	294.8	\$ 0.22	\$ 177.65
101902	390	0.56	218.4	\$ 0.28	\$ 131.61
TOTAL	6860			TOTAL	\$ 3,292.23

PERSONAS	SUELDO A RECIBIR	SUELDO X DIA	DIAS TRABAJADOS	TOTAL A RECIBIR
4	\$ 823.06	\$ 149.65	5.5	\$ 823.06

NOMBRE	TOTAL A RECIBIR	FALTAS	DESCUENTO	TOTAL	EXTRA	TOTAL A RECIBIR
GUADALUPE ALAMILLA	\$ 1,200.00		\$ -	\$ 1,200.00		\$ 1,200.00
PATRICIA CAMACHO	\$ 1,100.00		\$ -	\$ 1,100.00		\$ 1,100.00
CONSUELO ALAMILLA	\$ 1,250.00		\$ -	\$ 1,250.00		\$ 1,250.00
BENJAMIN ALAMILLA	\$ 1,200.00		\$ -	\$ 1,200.00		\$ 1,200.00
KARLA LIZBETH ENRIQUEZ SALAZAR	\$ 1,100.00					\$ 1,100.00
BERENICE CARDENAZ SINTETICO	\$ 1,200.00			\$ 1,200.00		\$ 1,200.00

Tabla 21: Nómina semanal entretela línea 2

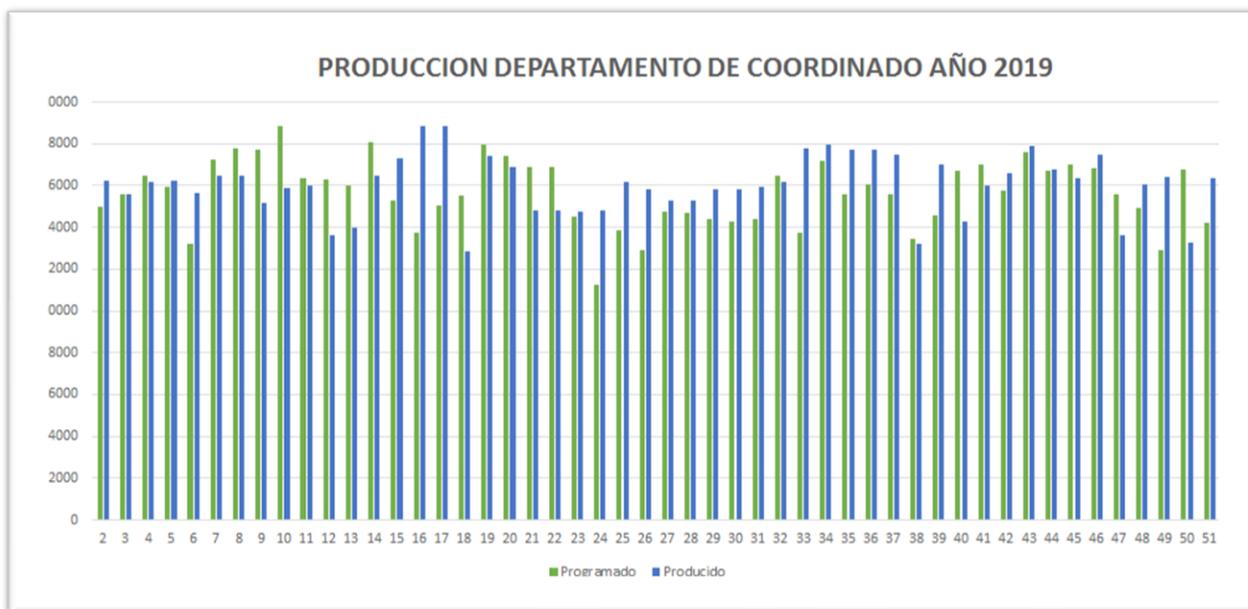
ENTRETELA EDUARDO					
ESTILO	PARES PRODUCIDOS	TIEMPO DEL ESTILO	MINUTOS OCUPADOS	COSTO X PAR	NOMINA
48301		0	0	\$ -	\$ -
48302		0.79	0	\$ 0.40	\$ -
48304		0.49	0	\$ 0.25	\$ -
35301	250	0.93	232.5	\$ 0.47	\$ 116.75
35303		1.25	0	\$ 0.63	\$ -
101901		0.4	0	\$ 0.20	\$ -
101902	2310	0.45	1039.5	\$ 0.23	\$ 522.00
45602		0.76	0	\$ 0.38	\$ -
ENTRETELAR FORRO		0.3	0	\$ 0.15	\$ -
TOTAL	2560			TOTAL	\$ 1,350.00

Después de conocer la nómina semanal, con el nuevo método de trabajo empleado, se terminaron las inconformidades y se estuvo monitoreando el desempeño del proceso.

3.5 Comportamiento del proceso después de la implementación

Después de realizar las modificaciones con los resultados arrojados por la simulación se monitoreo semanalmente el desempeño del nuevo método de trabajo. Esto tuvo un mayor impacto en el año 2019, ya que la implementación se desarrolló en las últimas semanas del año 2018 y durante todo el 2019 (ver Figura 25 - 34).

En algunas semanas se observa una baja en producción pero esta es debida al ausentismo siempre constante en nuestra maquiladora de calzado el cual es la causa de que cuando el personal falta de las 2 líneas de producción solo trabaje una también es debido a que nuestro cliente principal flexi no programa más pares a procesar y aparte debido a que flexi se guía con pronósticos no podemos establecer una programación fija para las líneas de producción es por eso que el trabajo que es procesado por corte es el que es repartido a las 2 líneas de producción por lo que cuando la programación es baja no hay con que surtir alas lineas de producción de coordinado es por lo que en la gráfica se ven algunos altibajos



Semana	Programado	Producido	Semana	Programado	Producido
2	15000	16255	27	14730	15260
3	15600	15594	28	14700	15260
4	16450	16200	29	14380	15805
5	15950	16255	30	14300	15805
6	13190	15610	31	14380	15910
7	17250	16440	32	16480	16160
8	17780	16450	33	13760	17750
9	17700	15160	34	17190	17980
10	18840	15900	35	15550	17714
11	16320	16000	36	16028	17714
12	16300	13630	37	15605	17496
13	16000	14000	38	13444	13230
14	18050	16450	39	14580	17030
15	15290	17320	40	16726	14270
16	13720	18820	41	17000	16010
17	15060	18820	42	15750	16603
18	15490	12840	43	17570	17903
19	17970	17430	44	16690	16740
20	17430	16860	45	17000	16320
21	16890	14792	46	16840	17500
22	16890	14792	47	15550	13630
23	14520	14740	48	14910	16050
24	11230	14792	49	12890	16420

25	13840	16170	50	16770	13270
26	12910	15820	51	14200	16370

Se monitoreo el comportamiento del proceso y se encontró que, durante todo el año del 2019, el Departamento de Coordinado tubo una eficiencia promedio de 96.20%, con base a la programación entregada por parte del cliente Flexi. Por lo tanto, el nuevo modelo productivo fue eficiente (ver tabla 22)

Tabla 22: Comparativo Departamento de Coordinado año 2019

PRODUCIDO REBAJADO	PROGRAMADO	SEMANA	EFICIENCIA
15000	16255	2	92.2792987
15620	15594	3	100.166731
16460	16200	4	101.604938
15950	16225	5	98.3050847
13190	15610	6	84.4971172
17250	16440	7	104.927007
17790	16450	8	108.145897
17700	15160	9	116.754617
18480	15900	10	116.226415
16320	16000	11	102
16300	13630	12	119.589142
15290	17320	15	88.2794457
13720	18820	16	72.901169
14280	17970	19	79.4657763
15530	17430	20	89.0992542
14250	16860	21	84.519573
16170	14792	22	109.315846
14520	14740	23	98.5074627
11230	14792	24	75.9194159
13840	16170	25	85.5905999
12910	15800	26	81.7088608
14730	15260	27	96.5268676
14700	15877	28	92.5867607
14380	15805	29	90.9838659
14300	13735	30	104.113578
14380	15910	31	90.3834067
16440	16160	32	101.732673
13759	17750	33	77.515493
17190	17980	34	95.6062291
15550	17714	35	87.7836739
16026	17714	36	90.470814
15605	17496	37	89.1918153
13344	13230	38	100.861678
14580	17030	39	85.613623
16340	15750	42	103.746032
19091	16690	44	114.38586
17000	16320	45	104.166667
16840	17500	46	96.2285714
15550	13630	47	114.086574
15910	16050	48	99.1277259
12890	16420	49	78.501827
16770	13270	50	126.375283
14260	16370	51	87.1105681
TOTAL	691819	EFICIENCIA PROMEDIO	96.207052

Capítulo 4: Discusión y análisis de resultados

Capítulo 4.1 Resultados

Después de haber implementado el nuevo modelo productivo, la eficiencia del Departamento fue de un 96.20%. Lo que representa un incremento en los pares facturados, debido a que el próximo Departamento (Pespunte) conto con el trabajo suficiente para poder facturar más pares. A continuación se muestra un comparativo del año 2018 y el año 2019 donde se muestra el incremento de la productividad en un 5.94%.

Tabla 23: Comparativo 2018 y 2019 del Departamento de Coordinado

PARES PRODUCIDOS MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA S.A DE C.V				
SEMANA	2018	2019	DIFERENCIA	PORCENTAJE DE INCREMENTO
2	12220	16460	4240	34.70%
3	13380	15890	2510	18.76%
4	13280	16500	3220	24.25%
5	14222	16680	2458	17.28%
6	11520	13650	2130	18.49%
7	13020	16300	3280	25.19%
8	14816	17170	2354	15.89%
9	15183	16650	1467	9.66%
10	13910	16310	2400	17.25%
11	12620	16730	4110	32.57%
12	13170	14190	1020	7.74%
14	14174	18050	3876	27.35%
15	13522	17990	4468	33.04%
16	13859	8030	-5829	-42.06%
17	15143	15060	-83	-0.55%
18	12209	15490	3281	26.87%
19	12259	15190	2931	23.91%
20	11961	12580	619	5.18%
21	13655	16710	3055	22.37%
22	14048	16470	2422	17.24%
23	15564	15600	36	0.23%
24	14076	15976	1900	13.50%
25	14254	13430	-824	-5.78%
26	15250	13240	-2010	-13.18%
27	14860	14340	-520	-3.50%
28	14923	15046	123	0.82%
29	15290	15230	-60	-0.39%
30	16350	16188	-162	-0.99%
31	16610	17140	530	3.19%
32	17000	16402	-598	-3.52%
33	16620	17840	1220	7.34%
34	17050	17700	650	3.81%
35	16550	16392	-158	-0.95%
36	16830	16420	-410	-2.44%
37	16030	16790	760	4.74%
38	16490	13653	-2837	-17.20%
39	16260	16350	90	0.55%
40	16870	14270	-2600	-15.41%
41	16920	16030	-890	-5.26%
42	16180	16610	430	2.66%
43	15805	16130	325	2.06%
44	17320	16740	-580	-3.35%
45	17580	16970	-610	-3.47%
46	17730	17790	60	0.34%
47	16710	15360	-1350	-8.08%
48	16970	17430	460	2.71%
49	15576	17470	1894	12.16%
50	13972	16980	3008	21.53%
51	12660	14350	1690	13.35%
TOTAL	732471	775967	43496	5.94%

Con la implementación de este modelo productivo se logró encontrar el flujo más óptimo del proceso, con esto se incrementó la productividad. A continuación se muestran las imágenes del antes y el después de la implementación (ver Figura 35 - 44).



Figura: 35 Departamento de Coordinado antes de la implementación

En esta imagen se observa el gran número de material en proceso el cual está estancado por lo que detiene el flujo del proceso con la implementación de las 2 líneas de producción este trabajado es dividido entre 2 por lo que se reduce la carga de trabajo para una sola línea y así aumenta el flujo de trabajo



Figura 36: Departamento de Coordinado después de la implementación del nuevo modelo productivo.

En esta imagen se puede observar como después de dividir las 2 líneas de producción se comenzó a reducir el número de tareas en proceso dentro del departamento de coordinado por lo que se incrementó la producción para los demás departamentos



Figura 37: Proceso de Rebajado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 2.

Esta es la segunda línea de producción de coordinado el cual en la cual se procesan todos los estilos está dividida en rebajado, entretelado y rayado con una computadora al final de la línea de producción para escanear el trabajo procesado esta línea no tiene definido una línea de abastecimiento fija ya que lo que va procesando se va desglosando y este es repartido por desglose a los rinks de producción de respunte es importante el abastecimiento constante de las líneas de respunte ya que es allí donde se realizan la mayor cantidad de operaciones del proceso de la maquiladora de calzado y el no contar con el trabajo suficiente ocasionaría que la línea se vacíe y surgirían tiempos muertos en lo que la línea de producción es llenada de nuevo



Figura 38: Departamento de Coordinado después de la implementación del modelo productivo.

Aquí se muestran las 2 líneas de producción de coordinado en la cual es proceso inicia hasta el fondo y termina donde es escaneado



Figura 39: Proceso de Rebajado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 1.



Figura 40: Proceso de Entretelado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 1.



Figura 41: Proceso de Rayado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 1.



Figura 42: Proceso de Entretelado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 2.



Figura 43: Proceso de Rebajado después de la implementación de nuevo modelo productivo línea 2.



Figura 44: Departamento de Coordinado línea 2.

Con el incremento de la productividad de este Departamento se facturaron más pares, lo que genero un mayor ingreso de capital. A continuación se muestra un gráfico del año 2018 y 2019 (ver Figura 45).

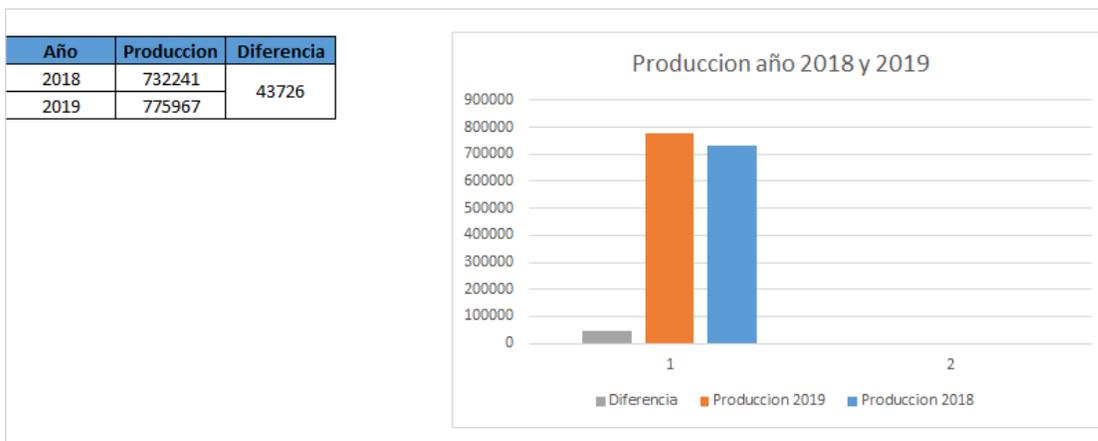


Figura 45: Comparativo producción 2018 y 2019.

4.2. Importancia

Con el incremento de 5.94% en los pares facturados se produjeron 43 496 pares más que en el 2019. El pago por cada uno de los estilos es de \$50.27, por lo tanto se tuvo una ganancia de **\$2 186 543 (Dos millones ciento ochenta seis mil quinientos cuarenta y tres pesos mexicanos)**. Esto ayudo a que la empresa pudiera tener mayor solvencia económica y mejorar su maquinaria.

Con la implementación de este nuevo sistema productivo, la empresa logró ser más eficiente y cumplir a tiempo sus tiempos de entrega. Se logró motivar al operador utilizando un sistema de pago por destajo, lo que incremento la productividad.

Datos de la empresa o institución

A) Marco contextual:

Maquiladora de calzado ORTIZ BECERRA S.A DE C.V

En febrero del año 1999, la Maquiladora inicia actividades con producción de tenis para el municipio de San Francisco del Rincón, Gto. Trabajando para las empresas Garcis, Deportivos, Súper Líder S.A. de C.V., Escorar Tenis & Soccer y posteriormente Record, de la ciudad de León, Gto.

En el año 2002, **MAQUILADORA DE CALZADO ORTIZ BECERRA S.A DE C.V** se comprometió con funcionarios del área de producción de FLEXI, a incrementar su producción de 1 300 pares a 1 800 pares diarios, meta que se logró. Para ello, se tuvo que implementar un programa de compra de maquinaria y capacitación de personal. Ahora, después de 11 años de haber llegado a ese acuerdo, la Maquiladora de Calzado Orbe produce diariamente de 3 000 a 3 500 pares, los cuales le son entregados para el proceso de montado a su principal cliente **FLEXI**, en la ciudad de León, Guanajuato.

Es una empresa de clase mediana debido a que cuenta con un total de 189 empleados y 2 plantas de fabricación la planta principal ubicada en el municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato; y otra planta ubicada en el municipio de Santa Catarina, Guanajuato.

Cada departamento de esta Maquiladora de calzado cuenta con el siguiente número de empleados:

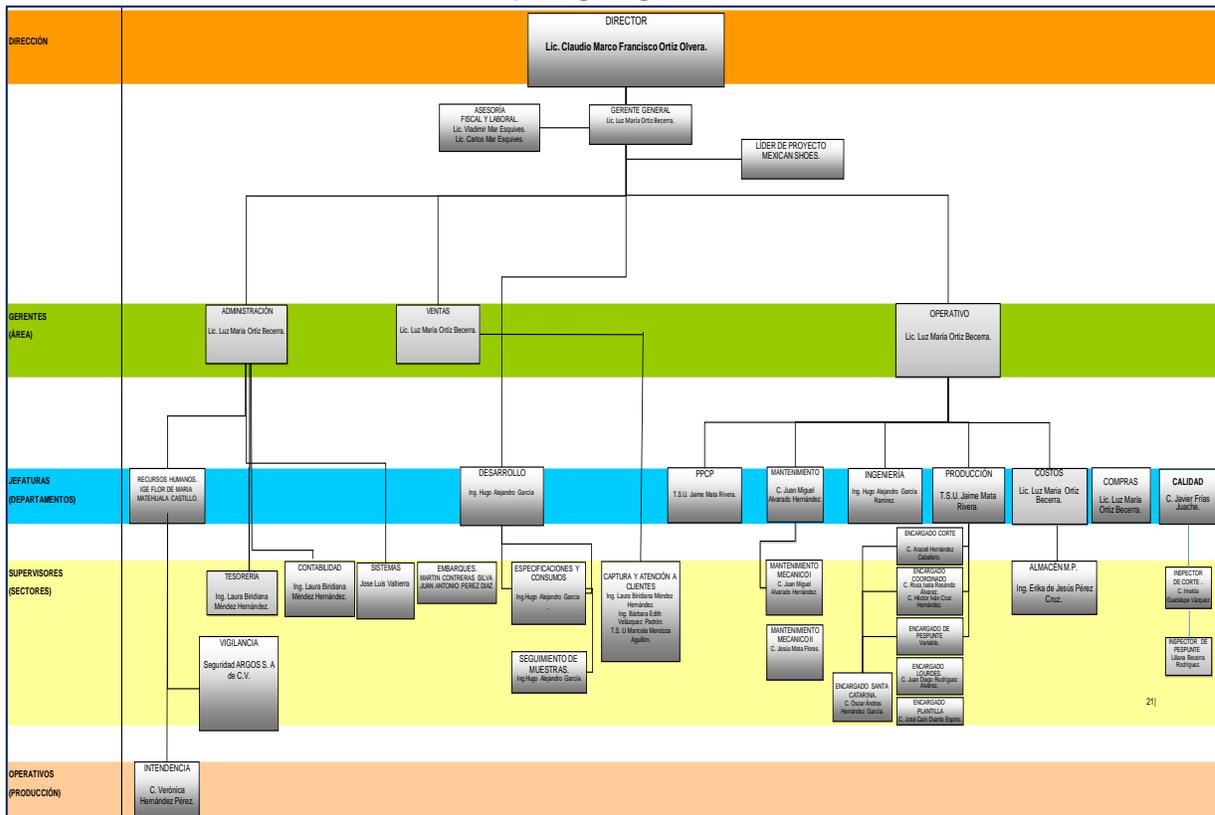
Tabla 24: Número de operadores por área actualmente

Departamento	Número de empleados
Corte de piel	12
Corte de sintético	8
Corte forro natural	4
Coordinado	20
Pespunte Lourdes	22
Pespunte San Luis de la paz	86
Pespunte Santa Catarina	25
Tejido	12
Total	189

Produciendo principalmente zapato para dama de la línea Ofelia, Jane y Amelie, estos son enviados para el montado de la suela, proceso que no se realiza dentro de la Maquiladora de calzado el producto este producto es montado en la ciudad de León Guanajuato por la empresa Grupo flexi la cual monta en el producto enviado en 2 de sus plantas las cuales son: Protec y Duende dentro de estas la suela es inyectada por máquinas automáticas las cuales son abastecidas por el producto enviado por la maquiladora de calzado es por esto que la maquiladora representa uno de los eslabones principales para poder cumplir con sus metas de producción .

Debido al gran trabajo de los dueños de la empresa Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra ha ido en crecimiento ya que en un inicio solo contaba con 2 líneas de producción de pespunte y actualmente cuenta con 11 líneas de producción de pespunte, 2 líneas de producción de coordinado (una creada recientemente) una línea de producción de plantilla – tejido un departamento de corte de piel y sintético con el crecimiento de la maquiladora de calzado se ha podido contratar a más personal y con esto contribuir a la economía de nuestro municipio

B) Organigrama



Nombre: Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra.

Razón social: Sociedad anónima de capital variable.

C) Misión: ser una empresa confiable, comprometida con la calidad y generadora de empleos, para satisfacer las necesidades del cliente dentro del sector de calzado y, a si mismo, las necesidades del recurso humano.

D) Visión: ser una de las mejores empresas competitivas dentro del sector de calzado por sus procesos y procedimientos eficientes, logrando un producto de calidad de manera eficaz.

E) Objetivos:

- Impulsar una cultura de calidad, basada en el compromiso y mejora continua.
- Cumplir a nuestros clientes en tiempo y forma de acuerdo a sus necesidades
- Establecer sistemas y procesos más eficientes, productivos y rentables para dar un mejor servicio al cliente.

- Desempeñarnos éticamente con nuestros clientes y proveedores.
- Fomentar el desarrollo integral del personal.

Conclusiones y recomendaciones:

Después de realizar la implementación del nuevo sistema productivo, encontrado después de realizar el estudio de simulación en el Departamento de Coordinado, dentro de Maquiladora de Calzado Ortiz Becerra S.A de C.V, se generó un sistema productivo eficiente el cual mejoró el flujo de trabajo.

Basado en un estudio de simulación realizado se fue desarrollado un sistema productivo lineal, el cual estaría dividido en 2 líneas de producción y no solo en una, como anteriormente se estaba trabajando. El trabajar con una sola línea de producción, cuando existe gran variedad de estilos a producir, ocasiona descontrol y e ineficiencias por los constantes cambios en la maquinaria y el traslado de un lugar a otro.

El implementar un nuevo sistema productivo represento un incremento de productividad y marco el paso para la utilización de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar los procesos. El cual está dividido en 2 líneas de producción paralelas, que procesan cada una estilos diferentes, incrementando la variedad de estilos procesados en el Departamento de Coordinado. Esto beneficia a los demás Departamentos, ya que todos los estilos son procesados en la jornada de trabajo, en todas las áreas. Con esto se redujo también el tiempo de espera de cada estilo para el cierre de orden, programado por el cliente. También se desarrolló un sistema de pago enfocado en el número de pares producidos por día, con esto el personal - que labora dentro del Departamento de Coordinado - comenzó a motivarse, incrementando el número de pares procesados por día y así, al final de la semana de trabajo, incrementar su sueldo.

Ahora, dentro del Departamento de Coordinado, de 2 500 pares que eran producidos diariamente se procesan actualmente 3 200 pares diarios, según datos tomados de la semana 5 del año 2020. A su vez esto ha generado en el operador motivación, ya que ahora recibe una paga en promedio de \$2 000 pesos, lo cual es un incremento a su

economía, ya que antes de la implementación su sueldo promedio era de \$1 500 a \$1 600 pesos. Con el desarrollo de este modelo productivo se han beneficiado los trabajadores y la empresa.

Se recomienda la implementación de un programa de mejora continua que ayude a mejorar los procesos actuales, en todos los Departamentos: Corte de piel, Corte de sintético, Coordinado, Pespunte y Tejido.

A su vez, también se recomienda desarrollar un sistema productivo por hora para el inicio del proceso en el Departamento de Corte de piel, debido a que dentro del Departamento de Corte no se cuenta con el proceso adecuado para el flujo continuo del proceso, ya que el trabajador no entrega pares por hora, sino que entrega los pares hasta después del mediodía. Todo ese tiempo que el flujo se detiene, el Departamento siguiente se encuentra sin producir.

Beneficios obtenidos con la implementación del sistema productivo:

- Incremento de la productividad en el Departamento de Coordinado.
- Incremento del número de pares facturados.
- Reducción de tiempos de operación.
- Incremento de pares procesados en el departamento de pespunte.
- Mejora en el sistema de pago para el Departamento de Coordinado.
- Motivación al trabajador con la creación del nuevo sistema de pago.
- Reducción en los tiempos de entrega al cliente.
- Reducción de los cierres de orden programados.

Bibliografía.

Báez Sentíes, O., Torres Osorio, R., Alvarado Lassmann, A., Ortiz Flores, F., & Moras Sánchez, C. (2008). Metodología de ayuda a la decisión para el plan de producción en sistemas de manufactura flexible. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 2(1), 1-13

Blanco Rivero, L. E., & Fajardo Piedrahita, I. D. (2003). Simulación con Promover. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería

Banks, J. (2005). Introduction to Discrete-Event System Simulation (4ta Ed.). India: Pearson Education India.

Banks, J., Carson, J. S., Barry L., N., & Nicol, D. M. (2005). Discrete-Event System Simulation. New Jersey: Prentice-Hall.

Coss Bu, R. (1998). Simulación un enfoque práctico. México: Limusa.

Calzado, C. D. L. I. (2004). Del Estado de Guanajuato. *Antecedentes del calzado*.

Carro, R., & González Gómez, D. A. (2012). Productividad y competitividad.

García Criollo, R. (1998). Estudio del trabajo: medición del trabajo. Editorial McGraw-Hill, México.

García Reyes, H., García Dunna, E., & Cárdenas Barrón, L. (2006). Simulación y Análisis de sistemas con Promodel. México: Pearson

Guzmán, N. A., & Castaño, J. S. (2013). Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo "clásico de dama" en la empresa de calzado caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. Ingeniería Industrial).

Guasch Petit, A., Piera, M. Á., Casanovas, J., & Figueras, J. (2003). Modelado y simulación: Aplicación a procesos logísticos de Fabricación y Servicios. Barcelona: Ediciones UPC.

Garavito, E. (2012). Técnicas Modernas de Optimización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander UIS.

García Reyes, H., García Dunna, E., & Cárdenas Barrón, L. (2006). Simulación y Análisis de sistemas con Promodel. México: Pearson.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). Investigación de Operaciones (9a. ed.). Mexico D.F.: McGraw Hill.

Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowder, R. O. (2011). *Simulation Using Promodel*. EEUU: Mc Graw Hill

Knepell, P. L., & Arangno, D. C. (1993). *Simulation Validation: A Confidence Assessment Methodology*. California: IEEE Computer Society Press

Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sadowski, D. A. (2006). *Simulation with Arena*. Boston: Mc Graw Hill.

Medina, G. R., Atencio, S. B., Atencio, S. B., Romero, R. M., & Castro, B. R. (2002). Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 8(1), 135-156.

Naylor, T. H., & Boughton, J. M. (1971). *Computer Simulation Experiments with Models of Economic Systems*. New York.

Sadowski, R. P., Kelton, W. D., & Sadowski, R. P. (1998). *Simulation with ARENA*. McGraw-Hill.

Santana, S. R. G., González, A. P., & Sierra, A. K. G. (2016). Reposicionamiento de la agrupación industrial del calzado en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Cultura Científica y Tecnológica*, (51).

Castillo, M., & de la Luz, M. (2007). El uso del calzado:¿ cuándo, por qué? y sus consecuencias. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 19(4), 54-55.