



**“SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DEL PROCESO DE
MANUFACTURA EN MANUFACTURAS INDUSTRIALES
LANDAVERDE DEL PRODUCTO DE MÁS VENTA”.**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN MANUFACTURA AVANZADA

PRESENTA

ING. OSCAR LANDAVERDE OCÁDIZ

CIUDAD SAHAGÚN, HIDALGO, NOVIEMBRE 2017

AGRADECIMIENTOS

Haber estudiado la maestría en Manufactura Avanzada en CIATEQ Campus Hidalgo ha sido una de las mejores experiencias de mi vida; por tal motivo quiero dar mi agradecimiento a la institución y a cada una de las personas que fueron parte de mi formación y de las cuales he aprendido cosas invaluable y al mismo tiempo generado grandes amistades.

Mi reconocimiento al M. en C. Cuauhtémoc Pérez, asesor de esta investigación; gracias a su orientación, dirección y supervisión, se ha logrado cumplir el objetivo.

El más sincero agradecimiento a mis Padres, a mi hermana Abi y a mi novia Rosi, por la paciencia, comprensión y el ánimo recibido en todo momento, dando como resultado esta meta tan deseada.

RESUMEN

La presente Tesis presenta el análisis y evaluación del producto de más demanda dentro de la empresa Manufacturas Industriales Landaverde, esto para poder disminuir tiempos muertos y mejorar el flujo de la producción por medio de herramientas como lo son la toma de tiempos y el uso de un software de última generación para la simulación de eventos discretos.

La toma de tiempos es una herramienta que, desde hace mucho tiempo, muchas empresas de nivel mundial usan como base para conocer las capacidades de los procesos y de la producción, dando mayor certidumbre a la hora de realizar la planeación de la producción y al mismo tiempo generando parámetros para su control.

Por otro lado, el uso de los softwares actualmente son unas herramientas poderosas porque gracias a ellos podemos simular acontecimientos que pueden ocurrir dentro de las líneas de producción y gracias a estas simulaciones se pueden prevenir o mejorar las partes que pueden ser un problema latente dentro de una planta productiva o en un proceso en particular.

Todos estos datos en conjunto sirven a las empresas para el pleno conocimiento de sus capacidades y limitaciones de producción, logrando así una mejor toma de decisiones para manejar la mejora continua y satisfacer las necesidades o requerimientos de los clientes.

INDICE

RESUMEN	2
INDICE	4
GLOSARIO	6
CAPITULO 1	7
1.1 ANTECEDENTES	7
1.1.1 Misión	8
1.1.2 Visión	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.3 OBJETIVO GENERAL	9
1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
1.5 JUSTIFICACIÓN	10
1.6 HIPÓTESIS	11
CAPITULO 2	12
2.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO	12
2.1.1 Estudio de tiempos y movimientos	13
2.1.2 Estudio de Tiempos	17
2.1.3 Datos estándar	20
2.1.4 Estándares de tiempo de opinión experta y datos históricos	21
2.1.5 Simulación	22
2.2 DESARROLLO DE LA TESIS	27
2.2.1 Revisión de la bibliografía	28
2.2.2 Se toma un producto de la empresa	29
2.2.3 Se realiza la toma de tiempos con cronómetro para obtener el tiempo estándar.	33
2.2.4 Se propone una mejora en donde se detectó el cuello de botella	44
2.2.5 Se realizó el layout de la nueva planta en 2D y en 3D	51
2.2.6 Se realiza el modelado en 3D de la maquinaria en el layout	58

2.2.7 Se cargan los tiempos estándar de cada proceso y se configura la secuencia.	62
3 RESULTADOS	66
4 CONCLUSIONES	72
5 RECOMENDACIONES	74
6 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	75

GLOSARIO

3D: Tridimensional, caracterizado por las coordenadas cartesianas (x, y, z). Las tres dimensiones son el largo, el ancho y la profundidad de una imagen. En realidad, el único mundo en 3D es el real, la computadora sólo simula gráficos en 3D.

CAD: Acrónimo de Computer Aided Design), comprende los sistemas informáticos (software) para el diseño asistido por computadora cuya codificación permite generar modelos en ambiente 2D y 3D con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto, a fin de obtener una representación de gran precisión del objeto deseado.

Simulación: La simulación es la representación de un proceso o fenómeno mediante otro más simple, que permite analizar sus características.

Pintura electrostática: es un tipo de recubrimiento que se aplica como un fluido, de polvo seco, suele ser utilizado para crear un acabado duro que es más resistente que la pintura convencional.

Punzonado: Proceso mecánico de alta precisión de corte o conformado de figuras simples en láminas de acero de bajo carbono, galvanizadas, pintadas, inoxidable y aluminio.

Curado: El esquema de curado hace referencia a las condiciones de horneado de la pieza pintada con pintura en polvo, esto es, temperatura y tiempo.

CAPITULO 1

1.1 ANTECEDENTES

La empresa “Manufacturas Industriales Landaverde” se encuentra ubicada en la manzana 17, lote 4 en la colonia Palmillas en Ciudad Sahagún, Hidalgo, México.

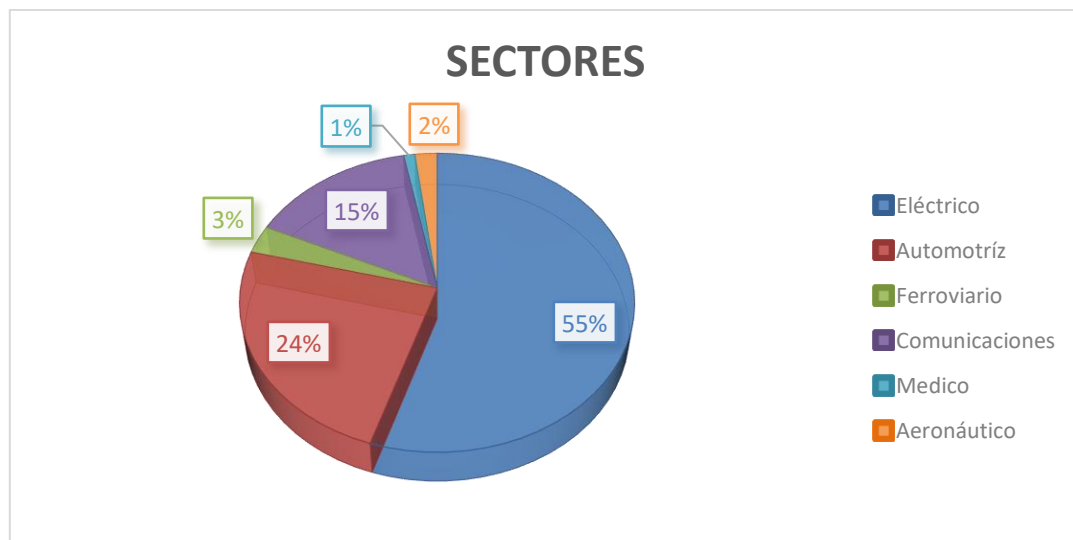
Manufacturas Industriales Landaverde fue creada al final de 1991 por el Sr. Arturo Landaverde Moran con el propósito de manufacturar partes metal-mecánicas para la industria automotriz. En 1994 la compañía busco la diversificación de su mercado, donde se vio la oportunidad de manufacturar partes para el sector eléctrico, ferroviario y señalamientos. Actualmente se integró la empresa al sector aeronáutico promoviendo la calidad que se puede ofrecer en cualquier aspecto.

Algunos de los logros más representativos dentro de la organización se mencionan a continuación:

- La empresa fue nombrada “Empresa de éxito” por el grupo Crece Hidalgo en los años 2000 y 2010.
- Ha intervenido en el concurso “Premio Hidalgo a la calidad” en los años 2008 y 2009, quedando en los dos certámenes dentro de los 10 primeros lugares.
- Ha obtenido el “Premio nacional a la innovación al proceso” en el 2008, el cual fue otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).
- Se trabajó en conjunto con la SEMARNAT en la creación de un proyecto de Eco-eficiencia en 2010, en el cual se realizó una comparativa entre los motores eléctricos viejos contra motores eléctricos de alta eficiencia.

- Asociación a la Red del Pacto Mundial promovida por la “Organización de las naciones unidas para el desarrollo industrial (UNIDO)” la cual es parte de la ONU en 2012 y se mantiene a la fecha.

La empresa ha se ha mantenido en el giro metal-mecánico por 24 años, los cuales han servido como experiencia y siempre ofreciendo a los clientes productos de calidad y servicio. Existen en seis segmentos de mercado en los que la empresa se ha centrado. En la Figura 1 se presenta como se encuentra dividido el mercado en cuanto al total de la facturación en cada sector:



Gráfica 1. División de los segmentos principales en Manufacturas Industriales Landaverde

1.1.1 Misión

“Manufacturar partes originales a las empresas e industrias, ofreciendo productos de calidad y servicios a costos competitivos”.

1.1.2 Visión

“Ofrecer productos soportados por normas internacionales de calidad para ofrecerlos a empresas y compañías nacionales e internacionales y así dirigirnos a una mayor estabilidad y una menor incertidumbre en el cumplimiento de los objetivos y metas dadas por MILAND”.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa “Manufacturas Industriales Landaverde” existe una baja eficiencia en la planeación de la producción, lo que da como resultado tiempos muertos considerables, entregas a tiempo de un 70% y 2 días de atraso promedio, con ello aumenta el número de reclamos por parte de los clientes. Existen cuellos de botella en los procesos, por lo se trabajará en la búsqueda de ellos para minimizar el efecto negativo que traen consigo.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de tiempos y analizar el movimiento de materiales para disminuir tiempos muertos, aumentar el porcentaje para alcanzar un 80% de entregas a tiempo, reducir el número de reclamos por parte de los clientes y mejorar los procesos dentro de la empresa Manufacturas Industriales Landaverde.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar un estudio de tiempos del producto principal que se elabora, todo esto con la finalidad de conocer el estado actual del proceso de producción. Este estudio se puede permear a otros dos productos similares.

2. Establecer los tiempos estándar de cada una de las etapas del proceso del producto principal para obtener los tiempos muertos en cada uno de los procesos, con el propósito de atacar al que tenga más desperdicio de tiempo.
3. Generar una planeación acorde al flujo de los materiales del producto que más impacta a la producción.
4. Determinar el software que se utilizará para el diseño de los procesos en la empresa *Manufacturas Industriales Landaverde*: corte, punzonado, doblez, soldadura, detallado, punteado, colocación de tornillo electrosoldable, lavado y pintura.
5. Detectar el proceso que genera el cuello de botella y proponer una solución apoyándose del software de simulación de eventos discretos con virtualización en 3D.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La optimización de tiempos en “Manufacturas industriales Landaverde” permitirá reducir tiempos de fabricación, eliminar los tiempos muertos existentes, aumentar el porcentaje de entregas a tiempo de los productos, mejorar los procesos y generar una secuencia ordenada de los procesos dentro de la empresa.

Otros beneficios adicionales que trae consigo el estudio de tiempos son los de reducir y controlar los costos, mejorar las condiciones de trabajo y entorno, motivar a las personas, balancear las cargas de trabajo, determinar costos de los productos.

El estudio de tiempos y los movimientos del producto principal están considerados una parte fundamental dentro de las empresas porque sus resultados afectan directamente a muchas áreas dentro de las compañías como por ejemplo la estimación de costos, control de inventarios, disposición de planta, materiales y procesos, calidad y seguridad.

La simulación de los procesos de manufactura en la empresa ayudará a crear los diferentes escenarios o posibles cambios en el flujo de los procesos para validar las mejoras y presentar la viabilidad de los cambios propuestos antes de su implementación en la línea de producción de forma física, lo cual se deriva en ahorros para la empresa.

1.6 HIPÓTESIS

Simular los procesos de manufactura dentro de la empresa Manufacturas Industriales Landaverde con un software de simulación de eventos discretos y virtualización 3D, ayudará a disminuir tiempos muertos, mejorar la planeación a través del flujo de los materiales del producto principal y los procesos productivos de acuerdo a la cantidad de piezas generadas.

CAPITULO 2

2.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO

En este capítulo se presentarán los temas en los cuales se basó el proyecto para poder ser llevado a cabo. Estas técnicas de ingeniería industrial tienen sus comienzos a finales de la revolución industrial y las cuales han ido mejorando gracias al soporte de la tecnología, dando un impulso enorme a la industria de hoy en día con el fin de implementar mejoras en sus procesos productivos.

La empresa Manufacturas Industriales Landaverde cuenta con una gran variedad de procesos industriales que se muestran en la Figura 2.

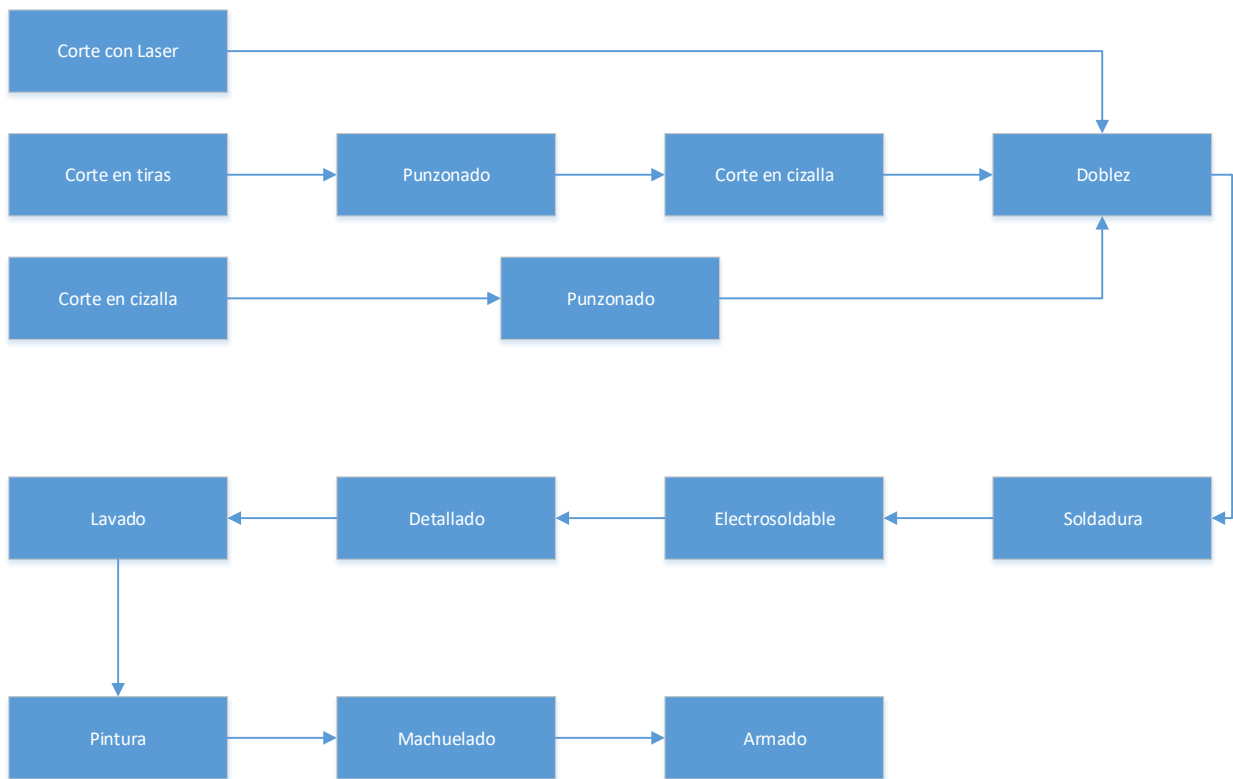


Figura 1. Flujo de procesos en Manufacturas Industriales Landaverde.

Debido a que existe una gran diversidad de productos que se fabrican en la empresa, este proyecto está enfocado en uno de los productos de mayor demanda en la empresa, el cual es un Arrancador de Voltaje Reducido (AVR). Existen tres modelos de este producto y se va a dirigir este trabajo al de mayor demanda que es el AVR de tamaño A.

A continuación se presentan los temas de interés en los cuales se está basando este proyecto.

2.1.1 Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos dentro de cualquier empresa de productos o servicios proporciona información clave dentro de ellas, ya que da la pauta para que la productividad y eficacia se puedan mejorar considerablemente. Con este tipo de métodos se pueden establecer los patrones de tiempo para generar y programar la producción, calcular costos, estimar la productividad.

Los principios del estudio de tiempos y movimientos surgieron a finales del siglo XIX, a términos de la revolución industrial, donde los personajes que cobraron mayor fuerza fueron los que a continuación se mencionan.

Frederick Taylor (1856-1915) desarrolló métodos para organizar el trabajo, considerando la materia prima, la herramienta y las habilidades de cada obrero. A estos métodos se les ha llamado tiempos y movimientos. Además de que publicó en 1911 un libro titulado "Principios de la Administración Científica", y se fundamenta en estos 4 principios:

1. Sustitución de reglas prácticas por preceptos científicos.

2. Obtención de armonía, en lugar de discordia.
3. Cooperación en lugar del individualismo.
4. Selección científica, educación y desarrollo de los trabajadores.

Frank y Lillian Gilbreth (1868-1924 y 1878-1972) colaboraron en el avance del estudio de los movimientos como una técnica. Frank Gilbreth estuvo muy interesado por la correlación entre la posición y el esfuerzo humano. Frank y Lillian llevaron el estudio y análisis de movimientos a otro nivel y fue el de utilizar filmes de movimientos para el estudio de trabajadores y de tareas. Fue gracias a Frank Gilbreth que se desarrolló el estudio de micro movimientos, que se presentan con la descomposición del trabajo en elementos fundamentales llamados therbligs.

Los Gilbreth lograron desarrollar la ergonomía la cual tiene como premisas el encontrar el mejor método que de oportunidad al trabajador cumplir las tareas en el menor tiempo, con la mayor facilidad y satisfacción y que la tarea debe planearse de tal manera que su ejecución requiera del menor esfuerzo posible.

Desarrollaron un código de símbolos para representar el flujo del proceso, consideraron la importancia del factor humano dentro de la planeación del trabajo para obtener los tiempos y demostraron la importancia del uso de herramientas estadísticas para lograr la mejora continua.

Hasta el día de hoy, cada uno de ellos ha contribuido a mejorar las actividades de un sinnúmero de empresas ya que con lo que dan a conocer se pueden realizar reducciones de costos significativas para la empresa recortando o reduciendo elementos innecesarios dentro del sistema productivo y ayudando a que el trabajo sea más fácil y seguro para los trabajadores.

Las técnicas para estudio de tiempos han ido cambiando velozmente debido al avance tecnológico y científico que ha permitido incorporar herramientas de punta aplicadas para este objetivo, facilitando la labor del analista, obteniendo mayor precisión, velocidad de aplicación y resultados más confiables, comprensibles y rápidos.

Para [4] Niebel lo más importante que se debe considerar dentro del estudio de tiempos y movimientos es la calidad y con ello el control de la calidad del estudio que se realizará, lo cual contribuye a reducir costos de una manera significativa mediante la estandarización de tiempos con el fin de aumentar la productividad y las utilidades de las empresas.

Cualquier compañía que pretenda alcanzar un alto nivel competitivo debe enfocarse en las técnicas de estudio de tiempos, para contar con la capacidad de elegir la técnica adecuada para realizar el análisis de la actividad seleccionada.

Para comprender la importancia que tienen los estudios de tiempos, debemos conocer el término de tiempo estándar, el cual se considera como "el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones siguientes:

- Trabajar a una velocidad o ritmo normal
- Realizar una tarea específica.
- Un operador calificado y bien capacitado".

Estas tres condiciones son esenciales para comprender un estudio de tiempos, por lo que es necesario un análisis adicional.

Operador calificado y bien capacitado.

Para formar un operador calificado y capacitado es necesario que tenga experiencia, y el tiempo en el trabajo es nuestro mejor indicador. El tiempo que requieren los operarios

para convertirse en calificado varía según la persona y el trabajo. Por ejemplo, existen operadores de maquinaria industrial, soldadores, mecánicos y muchos otros trabajos donde se requieren largos periodos de aprendizaje. El error más grave que comete el personal que se inicia en los estudios de tiempo es medir con premura los tiempos de alguien. Una buena regla práctica es comenzar con una persona capacitada y calificada, totalmente capacitada, y darle dos semanas en el trabajo antes del estudio de tiempos. En trabajos o tareas nuevas, hay que utilizar sistemas de estudios de tiempo predeterminados. Este tipo de estándares se llegan a considerar exigentes o estrictos, porque los tiempos se establecen para operadores calificados bien capacitados.

Ritmo normal.

Se puede hacer un estándar de tiempo para cada tipo de trabajo, no importa si las diferencias entre los operadores arrojen resultados distintos. Un ritmo normal es cómodo para casi todos. En el desarrollo del concepto de ritmo normal, el 100% será el ritmo usual. Los estándares comunes de tiempo normal es por ejemplo caminar 80 metros en 1.000 minutos (4.8 kg. Por hora).

Importancia y usos de los estudios de tiempo.

La importancia de los estándares de tiempo se demuestra con los tres datos estadísticos, rendimientos del 60, 85 y 120%. Una operación la cual no maneja estándares funciona alrededor del 60% del tiempo, por otro lado, la que utiliza estándares alcanza un rendimiento del 85%. Este aumento en la productividad equivale a un 42%. En una pequeña planta de 100 personas, esta mejora representa 42 personas menos, generando un ahorro considerable. El estándar de tiempo es muy importante y redituable en cuanto a costos. El estándar de tiempo es uno de los elementos de información de mayor importancia en el departamento de producción, ya que con él

se puede dar solución a problemas comunes que se originan en el área como las siguientes:

1. Determinar el número de máquinas herramienta que hay que adquirir.
2. Determinar el número de personas de producción que hay que contratar.
3. Determinar los costos de manufactura y los precios de venta.
4. Programar máquinas, operaciones y personas para hacer el trabajo y entregarlo a tiempo usando menos inventario.
5. Determinar el balanceo de las líneas de ensamble, la velocidad de la banda transportadora, cargar las celdas de trabajo con la cantidad adecuada de trabajo y equilibrarlas.
6. Determinar el rendimiento de los trabajadores e identificar las operaciones que tienen problemas para ser corregidas.
7. Pagar incentivos por rendimiento extraordinario por equipo o individual.
8. Evaluar ideas de reducción de costos y escoger el método más económico con base en un análisis de costos y no en opiniones.
9. Evaluar las nuevas adquisiciones de equipo a fin de justificar su costo.
10. Elaborar presupuestos del personal de operación para medir el rendimiento de la gerencia.

2.1.2 Estudio de Tiempos

Definición Según [2] Hodson, el estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado. En la práctica, el estudio de tiempos incluye, por lo general, el estudio de métodos. Además, sostiene que los expertos tienen que observar los métodos mientras realizan el estudio de tiempos buscando oportunidades de mejoramiento.

A continuación, se mencionan las características de las metodologías utilizadas para el estudio de tiempos y movimientos que existen, con sus ventajas y desventajas de su aplicación.

Los especialistas se basan en un conjunto de técnicas para poder realizar un buen estudio de tiempos como los que se mencionan a continuación:

1. Sistemas estándares de tiempo predeterminado.
2. Estudio de tiempos con cronómetro.
3. Muestreo de trabajo.
4. Datos estándares.
5. Estándares de tiempo de opinión experta y de datos históricos.

Las técnicas para estudio de tiempos han evolucionado rápidamente debido al avance tecnológico que ha permitido facilitar la labor del analista, apoyándolo a obtener mayor precisión, velocidad de aplicación y unos resultados más confiables, comprensibles y rápidos. En los siguientes párrafos podremos analizar las diferentes técnicas utilizadas para el análisis de tareas y el estudio de tiempos.

2.1.2.1 Tiempos predeterminados

Los tiempos predeterminados, es el conjunto de tiempos estándares asignados a una serie de movimientos fundamentales y grupos de movimientos los cuales no pueden ser evaluados de una manera precisa con las operaciones ordinarias para estudio de tiempos con cronómetro. Éstos son el resultado de realizar la investigación de una gran muestra de operaciones diversas con un dispositivo de medición de tiempo, como una cámara de video capaz de medir lapsos muy cortos de tiempo según [3] Wygant. Entre

los más comunes están: MTM (Methods Time Measurement), MOST (Maynard Operation Sequence Technique), WORK FACTOR entre otros.

2.1.2.2 MTM (Methods Time Measurement). Es una técnica para analizar cualquier trabajo u operación manual la cual descompone los movimientos básicos requeridos para su realización. A cada uno se le asigna un tiempo predeterminado basado en su naturaleza y el entorno en el cual está siendo ejecutado.

2.1.2.3 MOST (Técnica de Operaciones Secuenciales de Maynard). Consiste en hacer determinar un valor a todos los movimientos realizados durante una maniobra dentro de un proceso de producción y con esto determinar el tiempo estándar de la acción y así obtener el desempeño de un trabajador durante una jornada de trabajo.

Work Factor. Esta técnica se basa en que existen 4 variables que afectan el tiempo para la ejecución de cualquier movimiento manual y los cuales se mencionan a continuación:

- El miembro del cuerpo usado
- La distancia recorrida
- El control manual necesario (dado por unos factores determinados)
- El peso o resistencia que lleva consigo (convertidos a factores ya determinados)

2.1.2.4 Estudio de tiempos con cronómetro

[4] Niebel, afirma que el equipo mínimo requerido para llevar a cabo un estudio de tiempos comprende básicamente un cronómetro, un tablero y una calculadora. Sin embargo, la utilización de herramientas más sofisticadas como las máquinas registradoras de tiempo, las cámaras de video y cinematográficas en combinación con

equipo y programas computacionales, se emplean con éxito manteniendo algunas ventajas con respecto al cronómetro.

2.1.2.5 Muestreo de Trabajo

El muestreo de trabajo es el mismo método científico que se sigue en las encuestas y en las estadísticas que hace el gobierno. Se observa a los empleados durante su jornada laboral y se llega a las conclusiones. Cualquier persona que haya trabajado con otra persona ha realizado un muestreo del trabajo: se realiza una opinión de cuanto se empeña la otra persona:

1. Todas las veces que lo veo está trabajando; o
2. Nunca está trabajando; o bien
3. Algo intermedio.

Por lo general se llega a tener un margen de error del 10%. Los consultores de ingeniería industrial preparan iniciar su propuesta con este tipo de estadísticos. Esperan hallar un desempeño aproximado del 60% en las compañías que no tienen estándares.

2.1.3 Datos estándar

Los datos estándar son la manera más rápida y barata para implantar estándares de tiempo y son más precisos que cualquier otra técnica de estudio de tiempos. A partir de los estándares de tiempos anteriores, el encargado del proyecto trata de indagar que hace que el tiempo en el que se traslada es directamente proporcional a la cantidad de metros recorridos.

Existen diferentes maneras de comunicar el estándar de tiempo a las nuevas generaciones de trabajadores, supervisores e ingenieros:

- Gráfica.
- Tabla.
- Hoja de trabajo.
- Formula.

2.1.4 Estándares de tiempo de opinión experta y datos históricos.

Un estándar de tiempo de opinión experta se basa en la experiencia de una persona la cual ha realizado la actividad por mucho tiempo. Debido a que la naturaleza de este método se basa en los trabajadores de planta y de servicio, hace que establecer estándares de tiempo mediante las técnicas más tradicionales sea poco redituable. En las compañías que tienen un buen control, los proyectos de mantenimiento no se aprueban mientras no se haya contemplado el costo del trabajo.

La persona que funge como perito en un sistema de estándares de tiempo de opinión experta es por lo general un supervisor.

Resguardar los datos a través del tiempo es un procedimiento de los sistemas estándares de tiempo de opinión experta. Consiste tener un registro de cuánto tiempo necesitó cada trabajo. Cuando surge un nuevo trabajo se compara con el estándar del trabajo anterior.

2.1.5 Simulación

Primeramente debemos de saber lo que es un sistema. Según [5] Smith and Taylor un sistema está definido por una colección de entidades, por ejemplo, personas o máquinas, las cuales actúan e interactúan entre sí para obtener un mismo fin.

Ahora que sabemos lo que es un sistema podemos ver lo que es la simulación. Después de analizar algunas definiciones de lo que es simulación, esta se remonta a los años 40's, cuando Von Neumann y Ulam aplicaron el término "Análisis Monte Carlo", una técnica matemática para resolución de problemas de carácter nuclear los cuales eran costosos para realizarlos de manera experimental. En este momento no se tenía aun el término de simulación y no se sabe a ciencia cierta donde comenzó, pero llegó C. West Churchman con la siguiente definición:

"X simula a Y" si y solo si:

- a) X e Y son sistemas formales.
- b) Y se considera como un sistema real.
- c) X se toma como una aproximación al sistema real.
- d) Las reglas de validez en X no están exentas de error.

De ahí se desprendieron algunas otras, pero coincido con la que dice que la simulación se describe como el arte y ciencia de crear una representación o sistema para los propósitos de experimentación y evaluación. Esta práctica no realiza ningún intento específico para aislar las relaciones entre las variables, sino por el contrario, en esta se intenta observar cómo interactúan todas las variables del modelo con el tiempo.

2.1.5.1 Para qué sirve la simulación

- Investigación y desarrollo: Una simulación sencilla se puede usar para probar la factibilidad técnica y económica del proyecto.
- Etapa crítica en la toma de decisiones: Se prueban diferentes alternativas de proceso y condiciones de operación y se toman decisiones.
- Planta piloto: Simulación con modelos más sofisticados para obtener mejores estimaciones de las condiciones de operación a escala industrial.
- Diseño: La simulación proporciona todos los datos de proceso requeridos para el diseño detallado de los diferentes equipos.
- Simulación de plantas existentes: Puede ser muy útil cuando es necesario cambiar las condiciones de operación, o cuando se quieren sustituir materias primas.

La simulación ha demostrado ser apta para hacer frente a los trabajos de mejora de la productividad y la eficiencia en las que las dificultades que puedan surgir se superponen e interactúan para ofrecernos un panorama amplio de los posibles resultados que pueden suceder.

2.1.5.2 Simulación de eventos discretos

La simulación de eventos discretos es una herramienta que sirve para realizar análisis, crear sistemas nuevos, para dar retroalimentación y proponer cambios a los procesos en sistemas existentes. Como resultado de esto, la simulación de sistemas se ha convertido en una práctica común en los ingenieros, administradores y científicos, ya que permite la valoración del desempeño de un sistema antes de su ejecución, o la comparación de varias alternativas de operación sin perturbar el sistema real.

En la actualidad la mayoría de paquetes de simulación tienen diferentes maneras de crear las simulaciones, pero entre todas sus diferencias se presenta una estructura básica utilizada por la mayoría de este tipo de software. Esta estructura está compuesta por los siguientes elementos:

- **Entidades** – Estas entidades dinámicas generan las entradas del sistema, donde fluyen a través del sistema y son los elementos que generan los cambios de estado en las variables del sistema. Algunos ejemplos son: cajas o cualquier elemento que se mueve a través del sistema y al cual el sistema le agrega valor con cada proceso que se realiza.

- **Actividades** – Son las tareas desarrolladas de manera directa o indirecta en soporte al procesamiento de las entidades. Se manejan como la lógica en la simulación e interactúan con las entidades para crear eventos. Un evento sucede cada vez que una actividad inicia o finaliza y el sistema cambia de estado. Las actividades pueden ser de tres tipos:

1. Actividades de retraso: suceden cuando una entidad es detenida por un periodo específico de tiempo (para simular algún procesamiento).
2. Las actividades de espera ocurren cuando el flujo de una entidad se suspende por un periodo no específico de tiempo debido a que están esperando por un recurso o por una condición especial del sistema
3. Las actividades de lógica simplemente permiten que las entidades afecten los estados del sistema al manipular variables de estado y lógica de decisión.

- **Recursos** – Son los medios por los cuales se realizan las actividades y generalmente tienen capacidad limitada. Son objetos que pueden limitar el procesamiento al reducir el ritmo de como las actividades pueden ser realizadas. Ejemplos de estos recursos son: operarios, maquinas, espacio, información, etc.

Según [6] Ocampo y Pavón, la habilidad que la simulación tiene de tomar en cuenta la variabilidad y las interdependencias, de probar muchas soluciones alternativas de forma rápida y fácil, así como de realizar pruebas sin interrumpir procesos existentes hace de la simulación una de las herramientas más importantes para el análisis y mejora de sistemas.

2.1.5.3 Software de simulación

Existe una amplia gama de softwares de simulación de eventos discretos tanto en 2D y existen menos que pueden soportar modelado en 3D, los softwares que tienen la capacidad de manejar 3D ofrecen algunos beneficios como el poder observar de un modo más detallado el modelo, simulación de almacenes de varios niveles, presentación para promover el proyecto a los gerentes o directivos, realizar videos promocionales de la empresa. A continuación se presentan tres de los softwares principales utilizados actualmente.

Flexsim

Es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura. Además, Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D desde el comienzo y su interfaz gráfica es realmente simple y amigable con el usuario. Se pueden importar objetos 3D para dar al ambiente de simulación más semejanza con la realidad. Las licencias son de alto costo, aunque se puede utilizar una versión educativa en la cual se pueden crear modelos

simples. Los reportes que ofrece el software son visualmente atractivos a comparación de los otros. Es de software abierto por lo que el usuario puede modificar sus modelos con simplicidad.

ProModel

Promodel es una herramienta software basado en simulación para evaluación, planeación y/o rediseño de sistemas de producción, logísticos y de servicios. Su interfaz es amigable para el usuario ya que no requiere de conocimientos específicos en lenguajes de programación. Las licencias son de un costo considerable y también cuenta con versión educativa donde se restringen algunos aspectos. Se maneja principalmente en 2D pero cuenta con un módulo para generar 3D, aunque no es lo más recomendable porque no tiene la misma exactitud como si tuviera la lógica de 3D desde un inicio.

Quest

Este software es el más completo de los tres, la interfaz gráfica es más compleja por lo que no es tan intuitivo para el usuario. Se pueden importar objetos en 3D, para mejorar visualmente los modelos finales. Las licencias están a un precio alto y cuentan con su versión educativa. La curva de aprendizaje lleva más tiempo para poder alcanzar un nivel razonable en el modelado de los sistemas. Tiene la posibilidad de interactuar con hojas de cálculo y software de producción y permite analizar los datos mediante gráficos creados sobre el modelo o exportarlos a Excel.

De los tres softwares el que se elige para realizar el proyecto es el de Flexsim, ya que la interfaz gráfica para realizar los modelados es amigable con el usuario, por lo que se podrá realizar el modelado en un tiempo menor, se pueden importar los objetos en 3D para insertar maquinaria existente en la empresa. Por último, una parte importante que

es la licencia se tiene en la base de software del CIATEQ por lo que no se tiene que realizar ninguna inversión económica.

2.1.6 Virtualización

Se maneja como una materialización de lo que será o puede ser algo. Se suele emplear como la expresión de la ausencia pura y simple de la existencia donde se presupone la realidad como una realización material o tangible.

De acuerdo con [7] Pierre Lévy, La palabra virtual procede del latín medieval virtualis, que a su vez deriva de virtus: fuerza, potencia. En la filosofía escolástica, lo virtual es aquello que existe en potencia, pero no en acto. Lo virtual tiende a actualizarse, aunque no se concretiza de un modo efectivo o formal. El árbol está virtualmente presente en la semilla.

2.2 DESARROLLO DE LA TESIS

Metodología a seguir.

1. Se revisa la bibliografía
2. Se toma un producto de la empresa
3. Se realiza la toma de tiempos con cronometro para obtener el tiempo estándar.

PROCEDIMIENTO

- a. Seleccionar el trabajo o proceso por estudiar.
- b. Registrar por observación directa la situación actual
- c. Definir y examinar los datos y elementos para determinar si se utiliza el método adecuado. Se debe separar los elementos extraños e improductivos.

- d. Medir la cantidad de trabajo de cada elemento expresándola en función del tiempo.
 - e. Compilación del tiempo estándar de una operación agregándole el tiempo adicional por descanso, necesidades personales, imprevistos, etc. (tolerancia).
 - f. Definir el tiempo estándar con precisión para una serie de actividades y de acuerdo a un método especificado.
4. Se propone una mejora en donde se detecte el cuello de botella.
 5. Se realiza el layout del proceso a mejorar en 2D y en 3D
 6. Se realiza el modelado en 3D de la maquinaria en el layout
 7. Se cargan los tiempos estándar en el proceso y se configuran los parámetros.
 8. Se genera la simulación para revisar cual es la mejora con respecto al proceso actual.
 9. Se realizan las conclusiones de los resultados obtenidos.

2.2.1 Revisión de la bibliografía

En este capítulo, se presenta la secuencia lógica que se llevó a cabo para realizar y completar los objetivos específicos del proyecto.

Primeramente, se comenzó con la revisión de la bibliografía existente sobre los temas fundamentales para poder realizar el trabajo. Se dieron a conocer varias técnicas para la toma de tiempos, su creación, su evolución y sus mejoras a través del tiempo. El estudio de los tiempos se complementó con la visualización de los movimientos realizados dentro del proceso de manufactura teniendo como resultado el análisis de tiempos y movimientos.

El estudio que se realizó dentro de la empresa, se generó con la técnica de toma de tiempos con cronómetro, la cual es una de las técnicas más utilizadas, sencilla de usar y es recomendada para un estudio inicial.

2.2.2 Se toma un producto de la empresa

En segundo lugar, se analizó el producto que más genera en las ventas de la empresa, para enfocar los esfuerzos de mejora en éste. De acuerdo con las ventas de dos años anteriores, el producto que tiene más circulación y que representa una buena entrada económica a la empresa es el Arrancador de Voltaje Reducido (AVR) tamaño A, representando alrededor de un 20% de las ventas totales, de un poco más de 80 números de parte, siendo este gabinete que más aporta entrada de dinero entre toda la gama de productos que se manejan actualmente como se muestra en la Tabla 1. Adicionalmente se puede mencionar que esta familia de gabinetes alcanza a llegar a un 39% de las ventas totales, por lo que es un porcentaje representativo dentro de la empresa.

2015				
Cliente	Modelos	Piezas promedio x mes	% de la venta total	
SIEMENS	AVR A	187	20%	
	AVR B	100	10%	
	AVR C	80	9%	
	Capacitores 5 modelos	245	3%	
	K915 Grande	150	3%	
	K915 Chico	290	2%	
	3RW 2 modelos	10	1%	
	8PX	10	2%	
	8MU (2 modelos)	6	2%	
	8MX	5	1%	
	Modulos (2 modelos)	25	2%	
	Total SIEMENS			55%
	DINA	Paneles (10 modelos)	480	17%
Moldura Z (7 modelos)		500	3%	
Placas Interruptores (8 modelos)		160	2%	
Placas Tableros (10 modelos)		80	2%	
Total DINA				24%
Otros	Diferentes clientes		21.00%	

Tabla 1. Porcentajes de ventas por modelos de los diferentes clientes.

Estos datos fueron proporcionados por el área de ventas de la empresa, donde se lleva un historial del movimiento y el impacto de cada uno de los productos.



Figura 2. AVR tamaño A.

Se cuentan con diversos tipos de procesos dentro de la empresa. Cada uno de ellos ayuda de alguna forma que la transformación de la materia prima en un producto final sea de manera más fácil y rápida.

A continuación, se describe cada uno de los procesos de manera sencilla para su conocimiento.

1. Corte con láser. Este proceso como su nombre lo indica, hace cortes a la materia prima, en nuestro caso, lámina de acero al carbón. Es muy versátil y rápida, permite hacer geometrías complicadas y llega a cortar hasta una pulgada de espesor.
2. Corte en tiras. Este proceso se realiza con la cizalla, que es una máquina que realiza cortes a la lámina de acero en forma lineal. El corte en tiras se utiliza cuando la materia prima es de dimensiones muy grandes. Esta, se corta para que quede de un tamaño tal que al operador se le facilite colocarla en la punzonadora y sea más sencillo su manejo.
3. Punzonado. Este proceso se utiliza para realizar conformados pequeños u orificios por medio de un pistón que baja a gran presión para realizar el corte o la deformación de la lámina. Se cuenta con dos máquinas por lo que se pueden reducir tiempos si ambas están trabajando al mismo tiempo.
4. Corte. El proceso de corte se realiza después de punzonado principalmente, ya que la punzonadora puede hacer varias partes en la misma hoja de lámina y los cortes rectos son más sencillos de realizar en la cizalla.
5. Doble. Como su nombre lo indica, este proceso se realiza con dobladoras, las cuales bajan una cortina de metal a presión para que la lámina se doble. En este

proceso se cuentan con cuatro máquinas las cuales ayudan a disminuir tiempos ya que al menos dos de ellas siempre están en funcionamiento.

6. Soldadura. En este proceso, se sueldan las partes que quedaran fijas para que el gabinete tome fuerza mecánica para sostener los componentes que llevará dentro.
7. Electrosoldable. Este proceso es para colocar tornillos electro-soldables los cuales, por medio de un arco eléctrico, se sueldan al material sin utilizar soldadura.
8. Detallado. en el proceso de detallado lo que se busca es mejorar el acabado de la soldadura o rayones que pueda traer el gabinete por el manejo en los procesos anteriores.
9. Lavado. En este proceso se realiza un pre-tratamiento de las partes metálicas a ser pintadas. Consta de cinco pasos que son: desengrase, enjuague, fosfatado, enjuague y por último aplicación de un sello antioxidante. Estos procesos ayudan a que la pintura se adhiera de mejor manera a las partes y por otro lado también ayuda a que el óxido tarde más en penetrar a la base ferrosa, aportando que la pintura resista mucho más tiempo.
10. Pintura. Sobre este paso, es la aplicación de la pintura electrostática en polvo por medio de pistolas especiales, los cuales cargan positivamente las partículas de polvo, mientras que la pieza a pintar está cargada negativamente, para que mediante la diferencia de potencial el polvo se adhiera a todas las cavidades de la pieza y al final, esta se hornee a una temperatura alrededor de 190°C por un lapso de 15 minutos aproximadamente.
11. Armado. En armado lo que se realiza es el ensamble de todas las partes para generar el producto final, el cual se empaqueta y se manda al cliente.

2.2.3 Se realiza la toma de tiempos con cronómetro para obtener el tiempo estándar.

Abordando el estudio de tiempos, se decidió utilizar la técnica de toma de tiempos con cronómetro ya que es una herramienta que se puede ocupar en un primer acercamiento con aquellos procesos donde no se tienen registros de tiempos establecidos, que constan de ciclos repetitivos.

El procedimiento para llevar a cabo este estudio comienza por seleccionar el trabajo o proceso en donde se quiera aplicar. En este caso es en todos los procesos en los que se ven involucradas las partes que conforman el producto elegido, el AVR tamaño A.

Este gabinete consta de diferentes partes las cuales son detalladas en la Tabla 2. Permitiendo con esto, que se conozca a detalle el producto en sus diferentes etapas, para su análisis posterior durante este escrito.

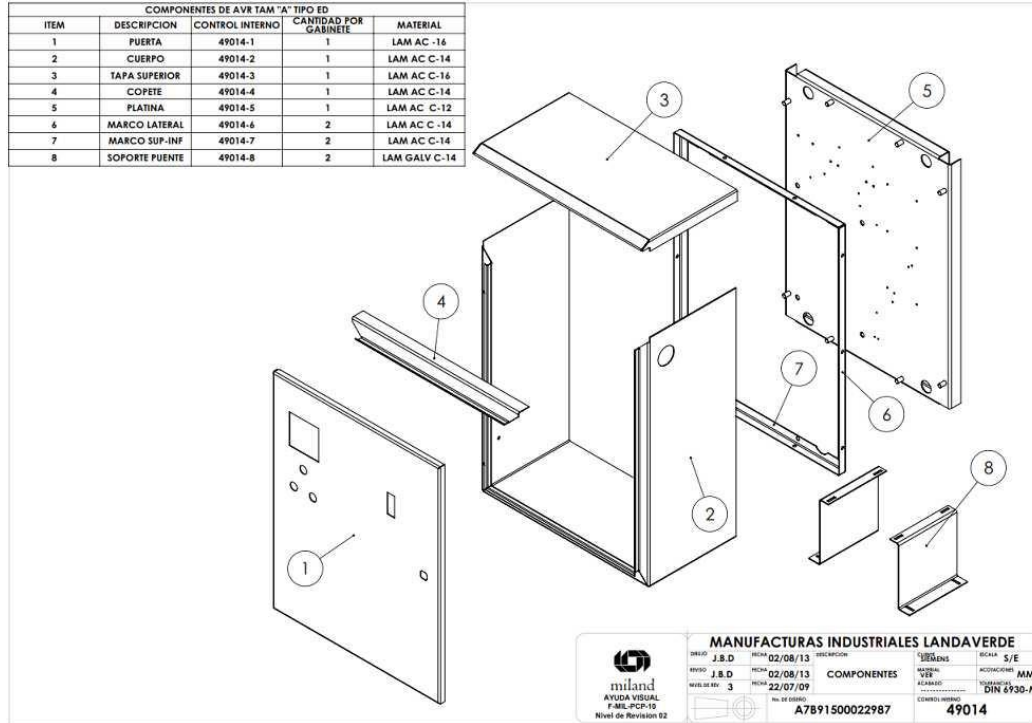


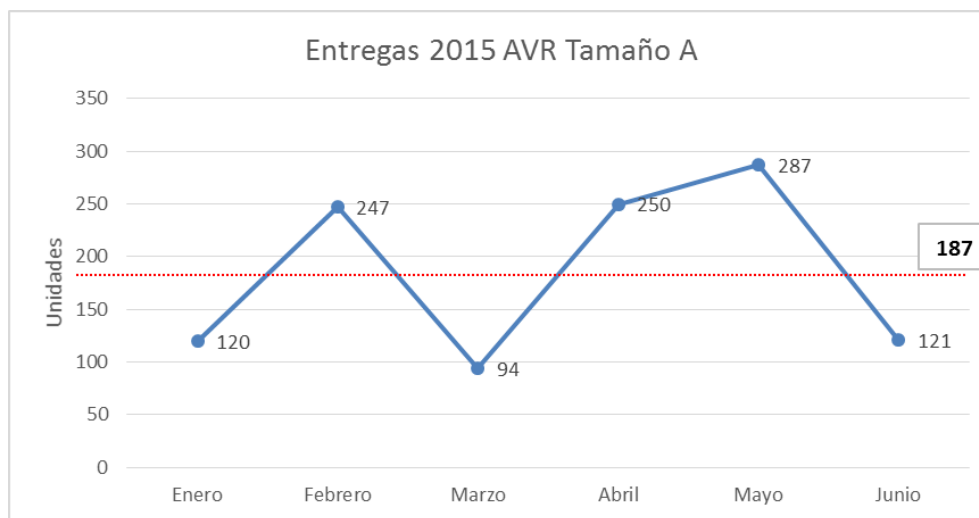
Tabla 2. Explosión de materiales y componentes AVR tamaño A

Después de tener claro el número de partes y cantidades de cada una, se procedió a desglosar los procesos que lleva cada una para poder crear un plan de observación y toma de tiempos. En la siguiente tabla se establece con el numero 1 el proceso que es utilizado en cada una de las partes.

GABINETE AVR A													
NO.	DESCRIPCION	CORTE EN LASER	CORTE EN TIRAS	PUNZONADO	CORTE	DOBLEZ	SOLDADURA	ELECTROSOLDABLE	DETALLADO	LAVADO	PINTURA	MACHUELEADO	ARMADO
1	PUERTA A	1	N/A	N/A	N/A	1	N/A	1	1	1	1	N/A	1
2	PLATINA A	N/A	1	1	1	1	N/A	1	1	1	1	1	1
3	TAPA A	1	N/A	N/A	N/A	1	1	N/A	1	1	1	N/A	1
4	CUERPO A	N/A	1	1	N/A	1	1	N/A	1	1	1	N/A	1
5	MARCO SUP E INF	1	N/A	N/A	N/A	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1
6	MARCO LAT	1	N/A	N/A	N/A	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1
7	COPETE	1	N/A	N/A	N/A	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1
8	SOPORTE A	N/A	N/A	1	1	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1

Tabla 3. Desglose de procesos de un gabinete AVR tamaño A

Ya que se cuenta con la Tabla 3, es posible comenzar con la toma de tiempos. Para realizar el tratamiento de los datos, se debe hacer un muestreo de un tamaño determinado para tener la confianza de que esa muestra representa a la población. Para esto fue necesario aplicar la fórmula para calcular el tamaño del muestreo para una población finita conocida, la cual, en este caso, sería la media de los pedidos de AVR a lo largo del año (187 Unidades promedio) como se muestra en la Gráfica 3. El muestreo se tomará con un nivel de confianza del 95% (Z), estimamos que la prevalencia sea del 90% (p), el error considerado será 10% (e) para un lote de 200 gabinetes.



Gráfica 3. Entregas de gabinetes AVR tamaño A por mes en el año 2015.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Ecuación 1. Tamaño de muestra para una población finita conocida.

$$n = \frac{1.96^2 * 187 * 0.9 * 0.1}{0.05^2(187 - 1) + 1.96^2 * 0.9 * 0.1}$$

$n = 79$ Muestras

Estas muestras se toman por cada una de las partes en cada uno de los procesos, de las cuales al final se calculó la media para que indique el tiempo de la operación y por otro lado se consideraron los tiempos improductivos, como por ejemplo preparación en la estación de trabajo del material, acomodo de piezas, descanso para tomar agua, tiempo de consumo de alimentos, uso del sanitario o se encuentran realizando actividades ajenas a las labores de trabajo, esto con el fin de obtener y registrar los tiempos muertos que existen al final de la jornada laboral. Estos tiempos improductivos se les conocen como tolerancias y se calcula que ronda el 15% del tiempo laborado.

Los datos resultantes de este estudio, se analizaron para obtener los tiempos estándar de cada pieza en cada proceso del producto que se eligió. A continuación, se presentan las tablas (4 a 15) donde se puede apreciar la toma de tiempos aumentando las tolerancias.

Corte en Laser							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	25	25	30.75	180	235.75	3.9
	PLATINA A						
	TAPA A	22	22	30.3	180	232.3	3.9
	CUERPO A						
	MARCO SUP E INF	13	13	28.95	180	221.95	3.7
	MARCO LAT	12	12	28.8	180	220.8	3.7
	COPETE	16	16	29.4	180	225.4	3.8
SOPORTE A							

Tabla 4. Tiempos en corte por láser de cada parte a utilizar.

Corte en Tiras							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A						
	PLATINA A	45.6	45.6	11.34	30	86.94	1.4
	TAPA A						
	CUERPO A	72.2	72.2	15.33	30	117.53	2.0
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 5. Tiempos en corte en tiras para habilitar material a punzonado.

Punzonado							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A						
	PLATINA A	91.2	91.2	94.68	540	725.88	12.1
	TAPA A						
	CUERPO A	98.4	98.4	68.76	360	527.16	8.8
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A	12	12	46.8	300	358.8	6.0

Tabla 6. Tiempos del proceso de punzonado.

Corte en Cizalla							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A						
	PLATINA A	34	34	9.6	30	73.6	1.2
	TAPA A						
	CUERPO A						
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A	15.4	15.4	6.81	30	52.21	0.9

Tabla 7. Tiempos del proceso corte en cizalla.

Doblez							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	46.2	46.2	96.93	600	743.13	12.4
	PLATINA A	57.2	57.2	269.58	1740	2066.78	34.4
	TAPA A	76.8	76.8	236.52	1500	1813.32	30.2
	CUERPO A	96.8	96.8	302.52	1920	2319.32	38.7
	MARCO SUP E INF	7	7	91.05	600	698.05	11.6
	MARCO LAT	7.8	7.8	127.17	840	974.97	16.2
	COPETE	40	40	195	1260	1495	24.9
	SOPORTE A	17	17	83.55	540	640.55	10.7

Tabla 8. Tiempos del proceso de doblez.

Soldadura							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	75.4	75.4	29.31	120	224.71	3.7
	PLATINA A						
	TAPA A	75.4	75.4	29.31	120	224.71	3.7
	CUERPO A	110.6	110.6	34.59	120	265.19	4.4
	MARCO SUP E INF	35.2	35.2	23.28	120	178.48	3.0
	MARCO LAT	37.6	37.6	23.64	120	181.24	3.0
	COPETE	78.2	78.2	29.73	120	227.93	3.8
	SOPORTE A						

Tabla 9. Tiempos del proceso de soldadura.

Electrosoldable							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	16.4	16.4	20.46	120	156.86	2.6
	PLATINA A	83.4	83.4	30.51	120	233.91	3.9
	TAPA A						
	CUERPO A						
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 10. Tiempos del proceso de colocación de tornillo electrosoldable.

Detallado							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	24	24	21.6	120	165.6	2.8
	PLATINA A	28	28	22.2	120	170.2	2.8
	TAPA A	40.6	40.6	24.09	120	184.69	3.1
	CUERPO A	114.6	114.6	35.19	120	269.79	4.5
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 11. Tiempos del proceso de detallado.

Lavado							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	323.2	323.2	48.48	0	371.68	6.2
	PLATINA A	369.2	369.2	55.38	0	424.58	7.1
	TAPA A						
	CUERPO A	457.4	457.4	68.61	0	526.01	8.8
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 12. Tiempos de lavado de piezas.

Pintura							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	125.2	125.2	333.78	2100	2558.98	42.6
	PLATINA A	181.4	181.4	342.21	2100	2623.61	43.7
	TAPA A						
	CUERPO A	270.6	270.6	355.59	2100	2726.19	45.4
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 13. Tiempos del proceso de Pintura electrostática en polvo (con horneado).

Machuelado							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A						
	PLATINA A	113	113	70.95	360	543.95	9.1
	TAPA A						
	CUERPO A						
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 14. Tiempos del proceso de machuelado.

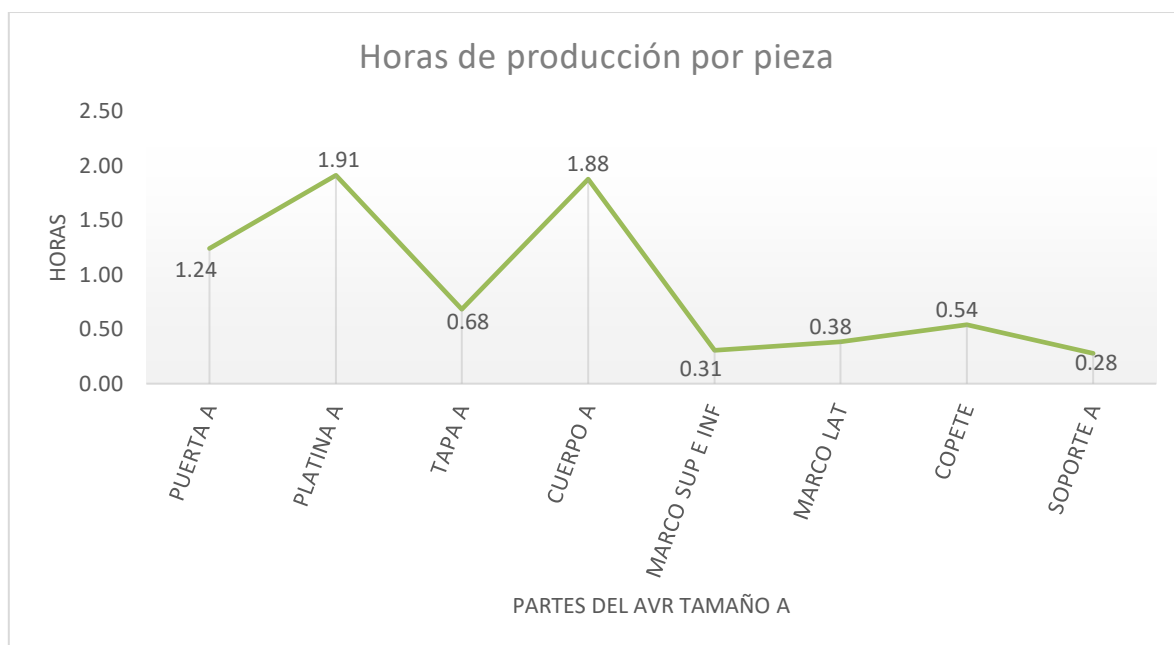
Armado (Conjunto)							
Cantidad del Lote	Parte	Tmedio x pieza (Seg)	Tiempo fabricación del lote (Seg)	Tolerancia 15% (Seg)	Setup máquina (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Seg)	Tiempo Estándar X Pieza (Min)
1	PUERTA A	1126	1126	204.9	240	1570.9	26.18
	PLATINA A						
	TAPA A						
	CUERPO A						
	MARCO SUP E INF						
	MARCO LAT						
	COPETE						
	SOPORTE A						

Tabla 15. Tiempos en el armado final del gabinete.

Para obtener el dato de cuanto se tarda en procesar un gabinete desde cero es necesario realizar la sumatoria de cada proceso de cada una de las partes como se muestra en la Tabla 16 adicionando su tiempo de set-up. Estos tiempos le sirven a producción para poder detectar cuellos de botella potenciales y balancear las líneas.

	Tiempo total por parte (seg)	Tiempo total por parte (min)	Tiempo total por parte (hrs)
PUERTA A	4457	74.28	1.24
PLATINA A	6876	114.60	1.91
TAPA A	2455	40.92	0.68
CUERPO A	6751	112.52	1.88
MARCO SUP E INF	1098	18.31	0.31
MARCO LAT	1377	22.95	0.38
COPETE	1948	32.47	0.54
SOPORTE A	999	16.66	0.28
Total de tiempo en producir 1 gabinete			7.21

Tabla 16. Tiempo total en producir un gabinete AVR tamaño A.



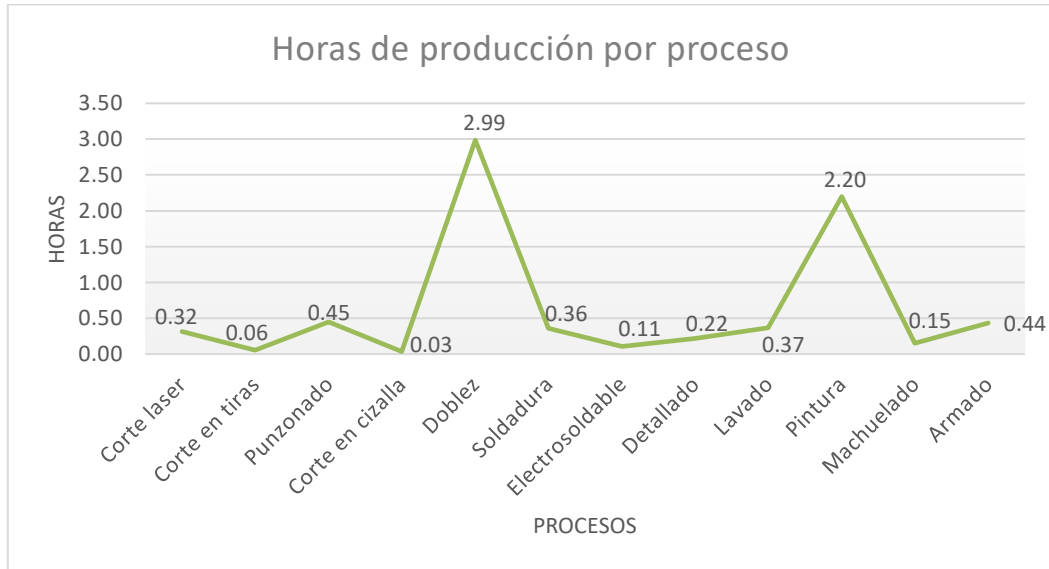
Gráfica 2. Horas en procesar cada parte del AVR tamaño A.

La tabla anterior refleja el tiempo que contribuye cada parte en ser fabricada para hacer un solo gabinete. En la Tabla 16, se presentan los tiempos totales por cada uno de

los procesos. Los procesos que se llevan más tiempo en procesar las partes son doblez y pintura. La ventaja de doblez con respecto a pintura es que hay 3 máquinas las cuales se pueden utilizar simultáneamente para reducir tiempos, lo que deja al área de pintura como la operación que más tiempo se lleva.

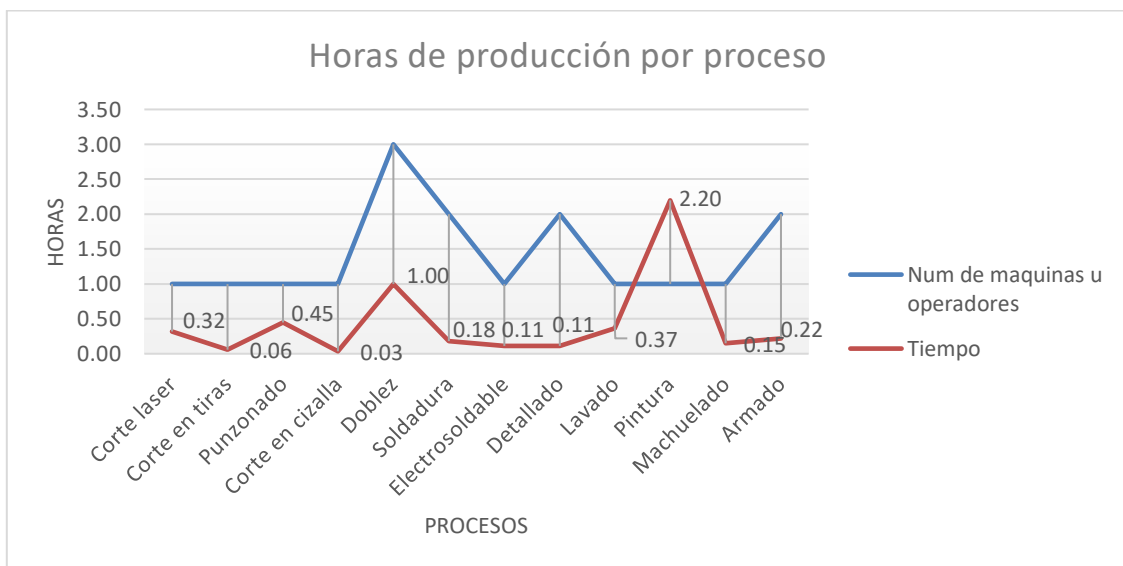
Tiempo total por proceso			
Proceso	Segundos	Minutos	Horas
Corte laser	1136.20	18.94	0.32
Corte en tiras	204.47	3.41	0.06
Punzonado	1611.84	26.86	0.45
Corte en cizalla	125.81	2.10	0.03
Doblez	10751.12	179.19	2.99
Soldadura	1302.26	21.70	0.36
Electrosoldable	390.77	6.51	0.11
Detallado	790.28	13.17	0.22
Lavado	1322.27	22.04	0.37
Pintura	7908.78	131.81	2.20
Machuelado	543.95	9.07	0.15
Armado	1570.90	26.18	0.44

Tabla 16. Desglose de tiempos por cada proceso



Gráfica 3. Grafica de tiempos de cada proceso considerando una sola máquina.

Considerando la cantidad de maquinaria que con la que se cuenta, los tiempos se distribuyen de acuerdo a la Gráfica 4.



Gráfica 4. Gráfica de tiempos de cada proceso considerando el número de máquinas u operadores existentes.

De acuerdo al estudio anterior se puede discernir que la operación considerada como cuello de botella es el área de pintura, debido a que el tiempo que se requiere para pintar un AVR es alrededor del doble en comparación con los demás procesos, por lo que será el punto focal de este trabajo utilizando las herramientas de simulación.

2.2.4 Se propone una mejora en donde se detectó el cuello de botella

De acuerdo a la visión de crecimiento de la empresa, se está terminando una nueva planta productiva donde se tendrán todos los procesos integrados en un solo lugar, ya que actualmente se tienen tres naves pequeñas separadas una de la otra por al menos 60 metros en promedio. Esta logística incrementa de manera significativa los tiempos y los movimientos dentro de la empresa, impactando en la eficiencia.

En la Figura 3, se puede apreciar como se tienen distribuidas las naves y en las cuales los procesos se distribuyen de la siguiente manera:

Nave 1 (Fabricación de partes):

- Corte
- Punzonado
- Doblez

Nave 2 (Soldadura)

- Soldadura

Nave 3 (Pintura y armado):

- Punteado
- Detallado
- Lavado
- Pintura
- Armado

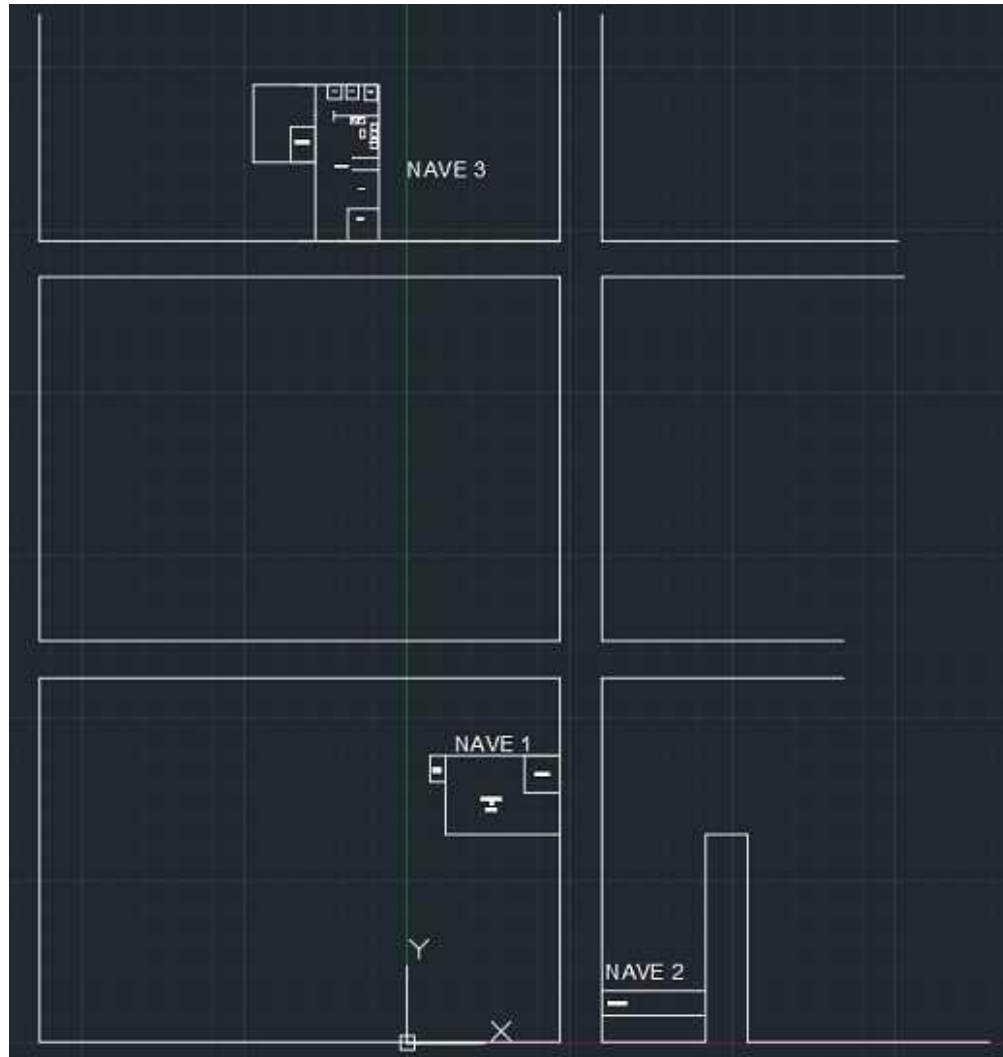


Figura 3. Distribución de naves actuales.

El layout de cada una de las naves fue siendo adaptado a las necesidades del proceso conforme fue creciendo la empresa en el transcurso de 20 años y se tienen de esta forma:

En la Figura 4 se muestra la distribución de la Nave 1, donde se encuentran todo lo referente a la fabricación de las partes, después de esta nave se tienen que mandar la mayoría de los materiales a la Nave 2 para el ensamble del producto.

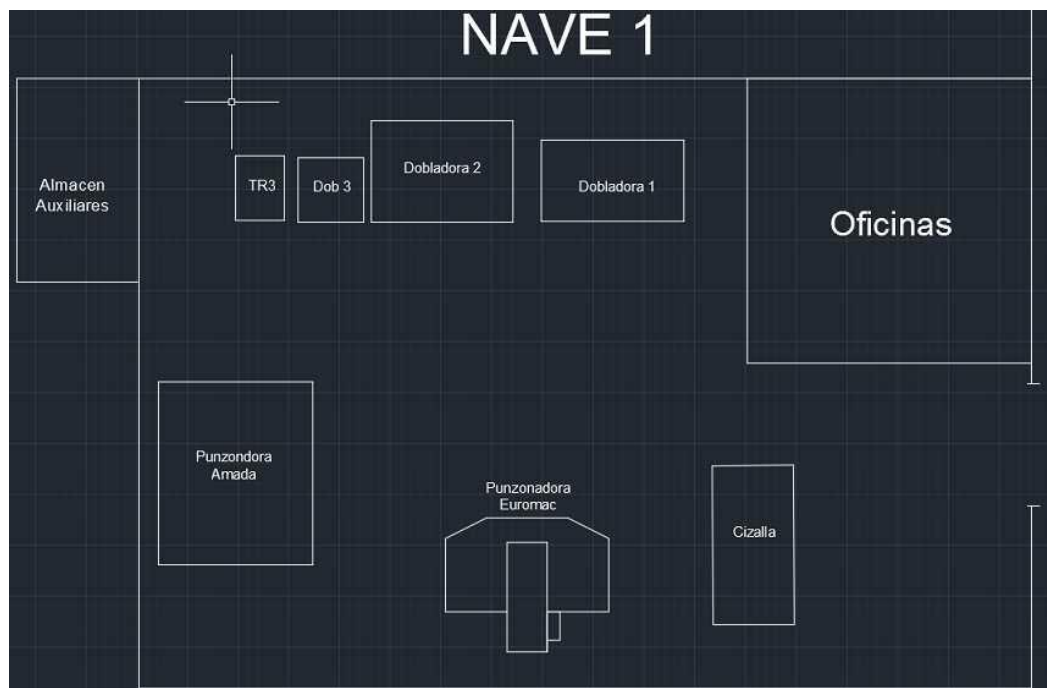


Figura 4 Nave 1, Fabricación de partes.

Entrando a la Nave 2 mostrada en la Figura 5, se sueldan las partes individuales de tal modo que se generan los sub-ensambles listos para ir al proceso de tornillo electrosoldable, el cual se encuentra en la Nave 3.



Figura 5 Nave 2, Soldadura.

Dentro de la nave 3 se encuentran la parte final de la línea de producción, ya que aquí se termina de dar el acabado a las partes, se pintan y se genera el armado de los productos ya finalizados. Como se puede observar en la Figura 6.



Figura 6. Nave 3, Pintura y armado.

Las nuevas instalaciones de la empresa tienen un espacio tres veces mayor que las tres naves de producción actuales, por lo que se tendrá el espacio suficiente para que se encuentren todos los procesos que actualmente se tienen, al igual que la introducción de la nueva maquinaria, como la máquina de corte con láser, la cual, ya se encuentra en funcionamiento y una dobladora adicional de 175 toneladas.

Dentro de la propuesta que se estará trabajando, se pretende que el proceso de lavado o como también se le conoce en el rubro industrial "Pretratamiento", debido a que

forma parte esencial dentro de la calidad del acabado o pintura de los productos, se unirá con el proceso de pintura para mejorar y eficientar estos dos procesos.

Actualmente, el proceso de lavado y pintura se lleva a cabo de una manera manual. La propuesta que se tiene considerada es la de realizar la automatización del proceso de lavado y pintura con la finalidad de reducir los tiempos de producción y a su vez optimizar los recursos empleados actualmente.

En la Figura 7, se muestra la forma en que actualmente se realiza el proceso de lavado, el cual se compone de cinco pasos:

- Desengrase: Aplicación de un desengrasante para limpieza de las piezas.
- Enjuague 1: Se utiliza para eliminar el desengrasante.
- Fosfatado: Aplicación de un fosfato de hierro o un fosfato de zinc para ayudar a la adherencia del acabado.
- Enjuague 2: Se utiliza para eliminar el exceso de fosfato.
- Sello orgánico: Aplicación de un sello orgánico para evitar la oxidación.



Figura 7. Proceso de lavado actual.

En la Figura 8, se puede observar la forma de cómo está compuesto actualmente el proceso de pintura, en primer lugar, se tiene que colgar la pieza a ser pintada en la cabina de pintura, se pinta, posteriormente se descuelga y después se tiene que colocar la pieza dentro del horno para el curado de la pintura donde pasa alrededor de 40 minutos.



Figura 8. Proceso de pintura actual.

Cabe mencionar que para el volumen de producción que se tiene actualmente, se cuentan con dos turnos en el área de pintura y armado por los tiempos inherentes del proceso de pintura. Adicionalmente a esto, la cantidad de movimientos que se tienen

que realizar dentro de estos dos procesos son demasiados por lo que existen retrabajos y daño al material antes y después de pintura.

Dentro de los defectos que se pueden generar por el manejo excesivo generalmente son golpes y rayones principalmente, pero existen algunos otros como la contaminación de la pintura o puntos de alfiler que se presentan cuando la pieza no fue lavada correctamente o que dentro del ambiente existan agentes extraños que se adhieran a las piezas y cuando son horneadas, brotan estos detalles. En la propuesta se manejará como un túnel cerrado donde existe poca posibilidad que sucedan este tipo de defectos debido que es por medio de agua a presión que viaja por unas boquillas, direccionadas en todas las direcciones para que la pieza o producto quede totalmente limpia, libre de impurezas.

Este proyecto fue asesorado por un Ingeniero especialista de líneas de pintura en polvo, por lo que se le dieron algunos parámetros para poder dimensionar y diseñar la línea. Algunos de los datos que se le proporcionaron, fueron los siguientes: las dimensiones máximas de partes a poder pintar, espacio en metros cuadrados que podría utilizar, tipo de productos químicos a utilizar y volumen de partes aproximadas a ser pintadas.

Como resultado, se asume que el proceso estará compuesto por una línea continua conectada mediante una cadena, la cual consta de un circuito cerrado donde un operador colgará la pieza en el punto de inicio y ésta será desplazada por todo el recorrido del túnel de pretratamiento y secado, donde al final se descolgará por otro operador. Es importante resaltar que este proceso se llevará a cabo pasando por una etapa de pretratamiento, la cual consta de 5 pasos al igual que la actual, aunque la secuencia y los productos químicos cambian por el tipo de proceso, ya que estarán siendo expulsados a presión contra las partes a pintar. El desengrasante que se utilizará se encontrará a una temperatura estable de alrededor de 60°C según los datos técnicos

del proveedor para acelerar su reacción. después de este seguirán dos tinas de enjuague para eliminar el exceso de desengrasante y partículas que hayan quedado adheridas en la pieza. Seguido de esto viene un producto nuevo, el cual tiene como base óxido de zirconio, el cual a diferencia de los fosfatos que se utilizan actualmente es más amigable con el medio ambiente, no produce lodos y es biodegradable de acuerdo a la carta presentada por [8] Matt Hale de la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos y está sustentado por [9] El departamento del programa de investigación y desarrollo sobre la estrategia de defensa medioambiental (SERDP) por sus siglas en inglés, quienes realizaron una extensa investigación sobre los beneficios y comparativo contra otros productos similares.

Para finalizar el pretratamiento se ubica la última tina de enjuague para eliminar el exceso de óxido de zirconio justo antes de entrar al túnel de secado en donde, el calor excedente del horno pasará a esta parte ayudando a que las piezas se sequen. El paso siguiente del secado es la cabina de pintura en la cual estarán dos pintores aplicando la pintura electrostática en polvo a las partes y el final del proceso es cuando las piezas ingresan al horno de curado, en el cual las partículas de pintura se funden creando el acabado final.

2.2.5 Se realizó el layout de la nueva planta en 2D y en 3D

Se realizó una comparativa de tres softwares de simulación existentes, para determinar cuál de ellos satisface las necesidades del proyecto. Se evaluó la facilidad de uso, el costo, la disponibilidad de licencias, si soportan simulaciones en 3D y después de observar las características de cada uno, se optó que la mejor opción entre ellos es Flexsim. Este software cuenta con una interfaz gráfica amigable para el usuario, lo que hace que este programa sea de uso sencillo, reduciendo con esto la curva de aprendizaje para poder llegar a un nivel de utilización lo bastante bueno para realizar

las simulaciones que se realizaron y contando también que la licencia completa se tenía disponible en la base de datos del CIATEQ.

Para seguir, se requirió realizar el layout de la planta como se encuentra al momento y lo que se espera tener cuando las instalaciones estén finalizadas. A continuación, en la Figura 9 se presenta el diseño del layout en 2D para que puedan ser visualizadas las áreas de producción y oficinas.

Como se mencionó anteriormente es importante resaltar que el proceso de pintura y lavado ya están siendo considerados uno mismo, permitiendo mejoras considerables en la disminución de los tiempos de producción, los cuales se estiman en la parte final de este trabajo.

De acuerdo a lo descrito anteriormente el proceso a ser simulado es semi-automático ya que la puesta y retiro de las piezas se hará de manera manual, así como el pintado de las mismas.

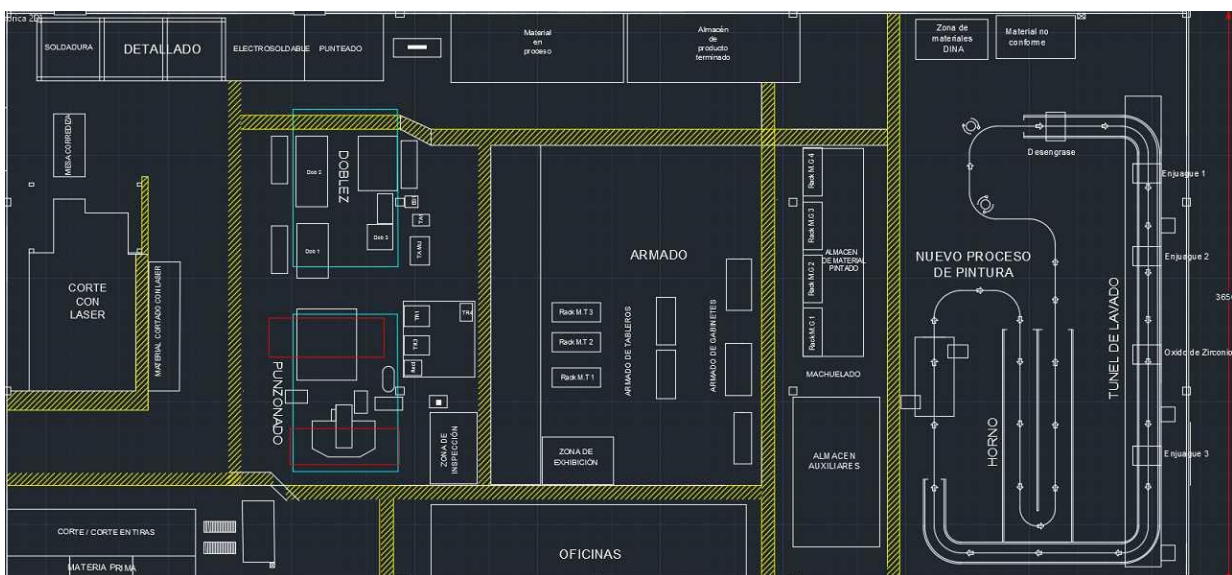


Figura 9. Layout en 2D de las nuevas instalaciones de la empresa.

En seguida se presentará en la Figura 10, la secuencia de ensamble del producto para exponer el inicio y final de cada parte dentro del proceso general. Considerando que se tienen todas las partes fabricadas, el ensamble comienza por colocar los marcos superior e inferior, laterales y el copete al cuerpo del gabinete por medio de soldadura, considerando este como el sub ensamble 1 del cuerpo. Después se procede a la colocación de la tapa superior, la cual se coloca con soldadura de igual forma, dando como resultado el sub ensamble 2 del cuerpo.

El sub ensamble 2, se tiene que detallar y pintar posteriormente. Ya que se tiene el cuerpo pintado, al igual que la platina y la puerta, se puede realizar el armado del gabinete, donde al final se embla y se empaquetan los soportes por separado.

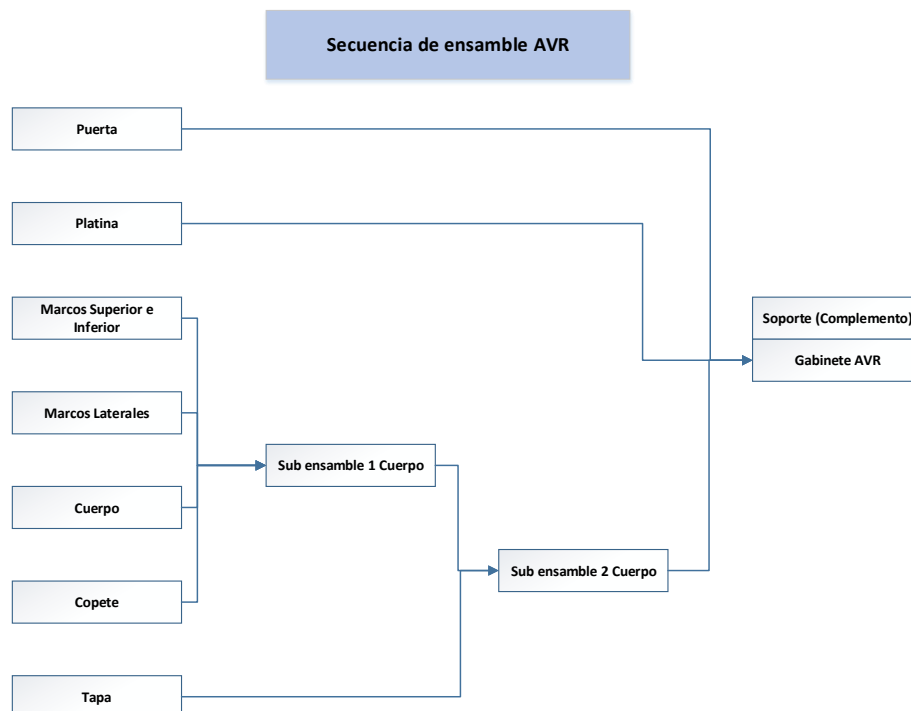


Figura 10. Secuencia de ensamble del gabinete AVR

Tomando en consideración la secuencia anterior, de la Figura 11 a la 18, se presenta el flujo de proceso de cada uno de los componentes del gabinete, representándolos dentro del layout mostrado en la Figura 9, con la finalidad de dar a conocer el producto y su fabricación de la mejor manera.



Figura 11. Flujo de procesos de la puerta.



Figura 12. Flujo de proceso de la platina.

FLUJO DE PROCESOS PARA TAPA

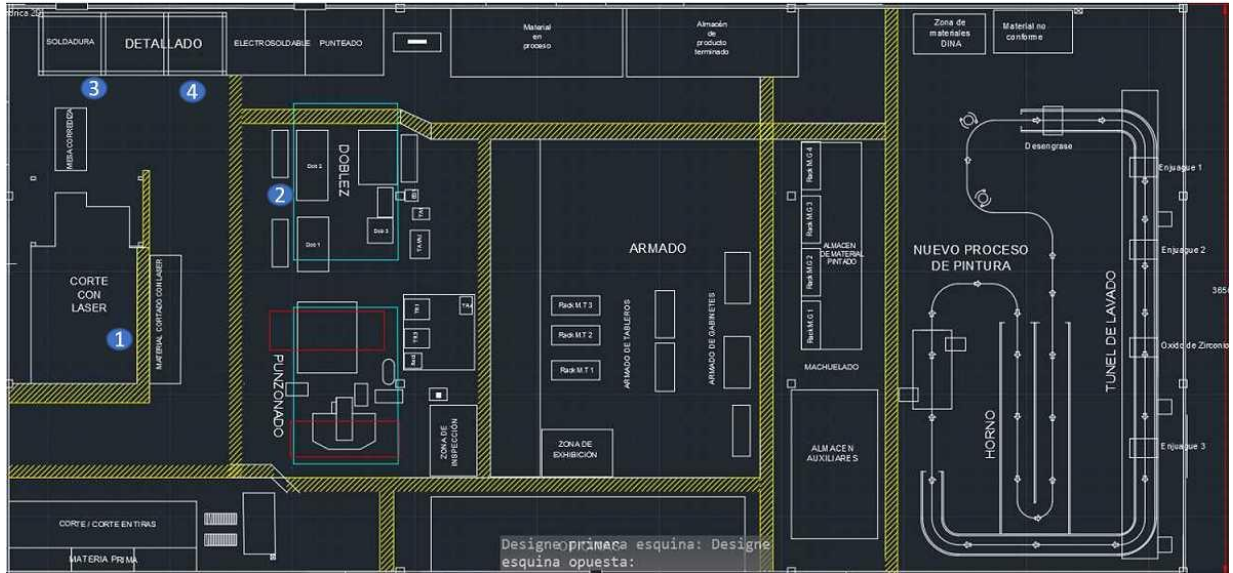


Figura 13. Flujo de procesos de la tapa.

FLUJO DE PROCESOS PARA CUERPO



Figura 14. Flujo de procesos del cuerpo.

FLUJO DE PROCESOS PARA MARCO SUPERIOR E INFERIOR

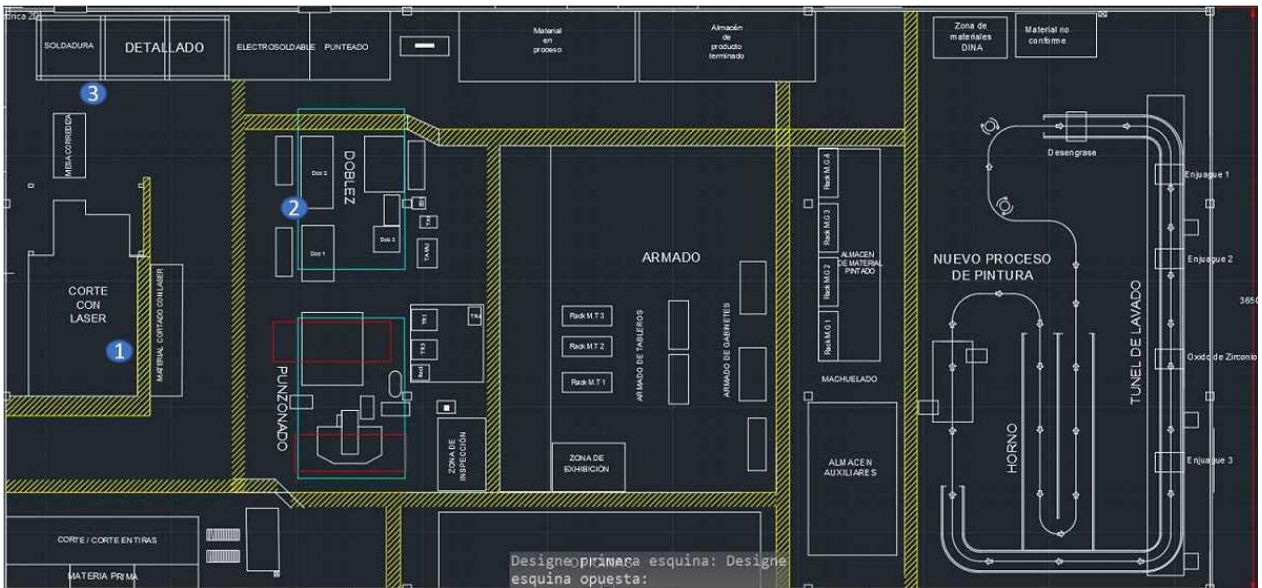


Figura 15. Flujo de procesos de los marcos superior e inferior.

FLUJO DE PROCESOS PARA MARCO LATERAL

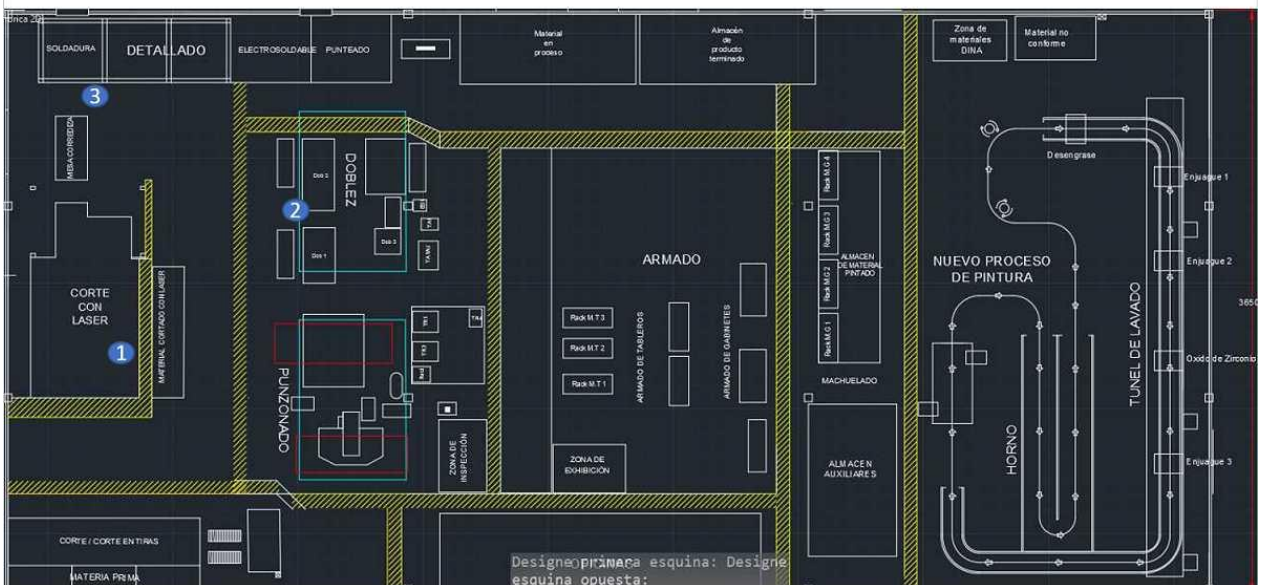


Figura 16. Flujo de procesos de los marcos laterales.

FLUJO DE PROCESOS PARA COPETE

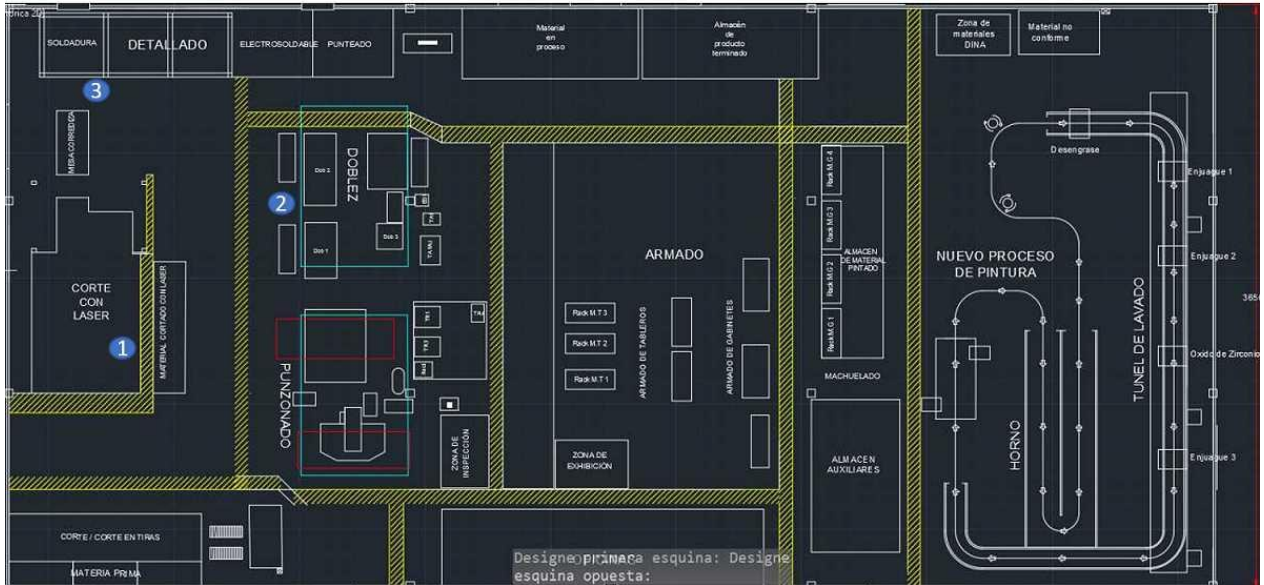


Figura 17. Flujo de procesos del copete.

FLUJO DE PROCESOS PARA SOPORTE

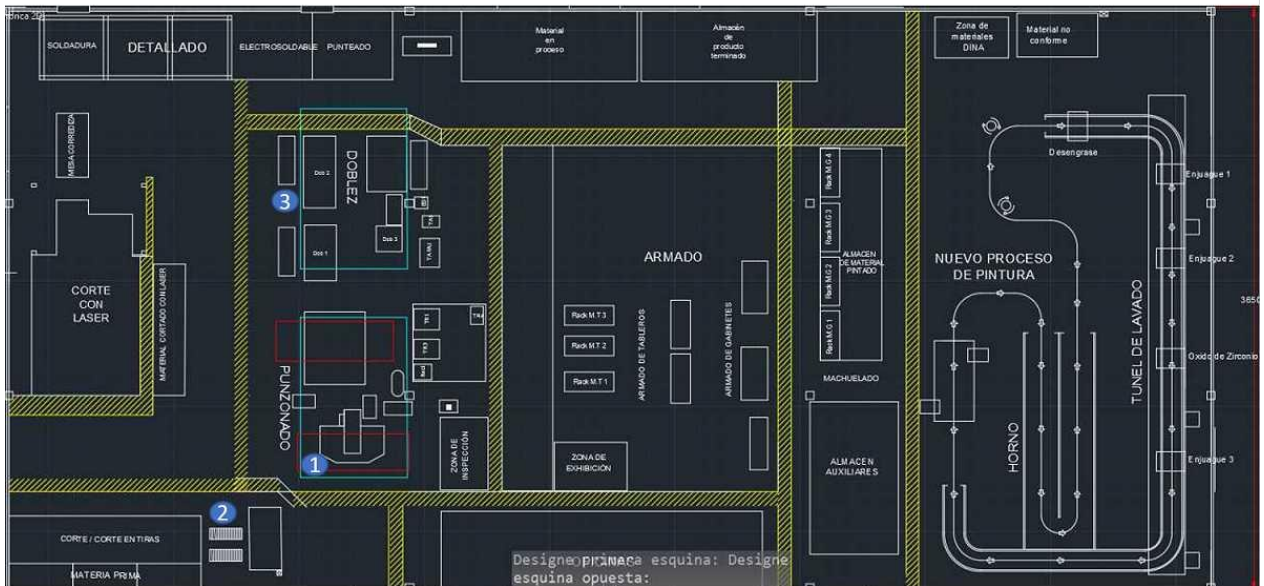


Figura 18. Flujo de procesos del soporte.

2.2.6 Se realiza el modelado en 3D de la maquinaria en el layout

En esta sección se realizaron los modelos en 3D de la maquinaria de mayor impacto en la empresa, como lo son: Cizalla, máquina de corte con láser, punzonadoras, dobladoras y la línea semi-automática de lavado y pintura, con la finalidad de representar la maquinaria dentro del programa de simulación con la mayor realidad posible en cuanto al tamaño de las mismas y con ello definir el flujo de los materiales sin invadir estos espacios ya definidos.

A continuación, correspondiendo con las Figuras de la 19 a la 23, se presentan los dibujos de la maquinaria que se utilizará en las simulaciones:



Figura 19. Cizalla

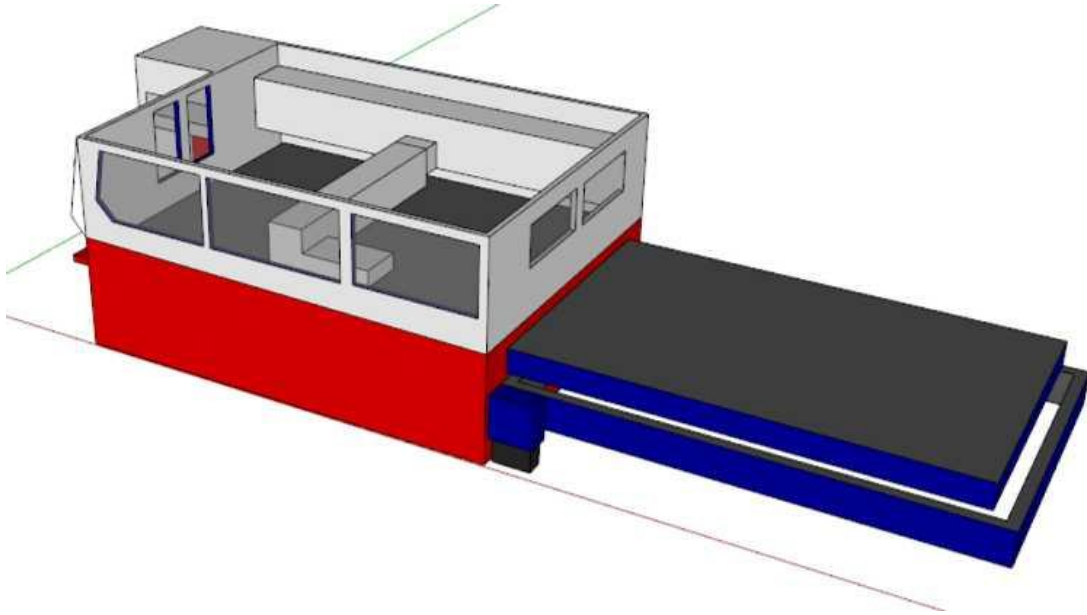


Figura 20. Máquina de corte con láser.

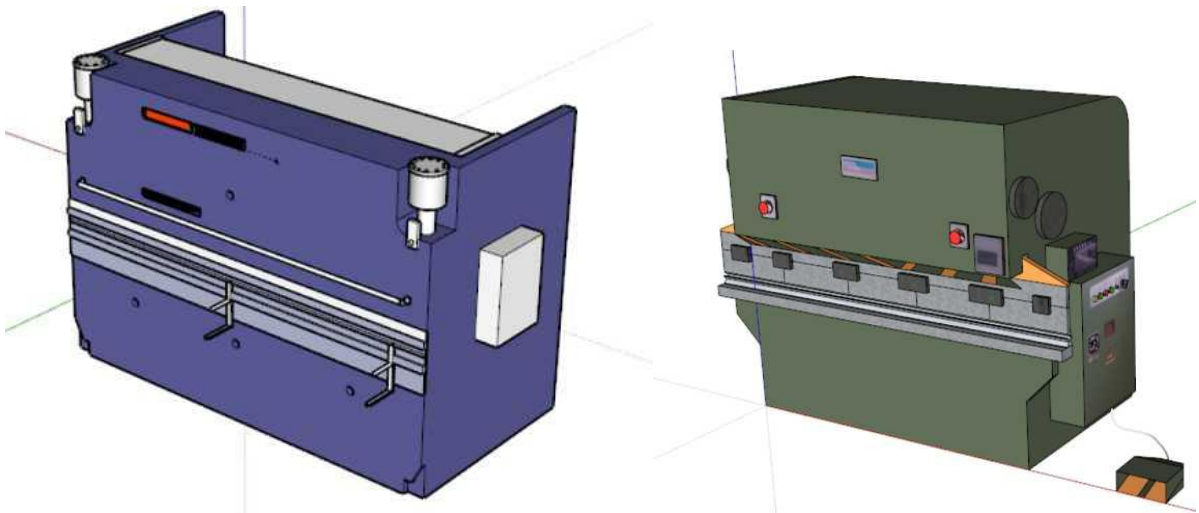


Figura 21. Máquinas dobladoras.

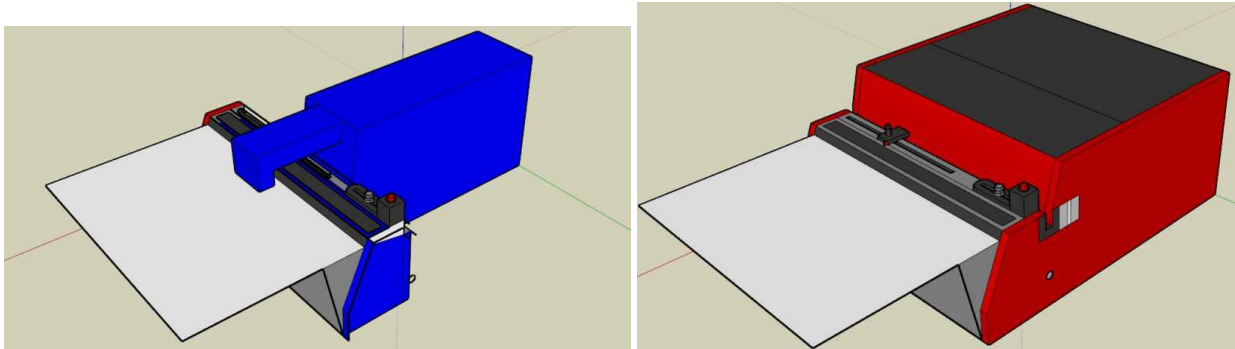


Figura 22. Punzonadoras

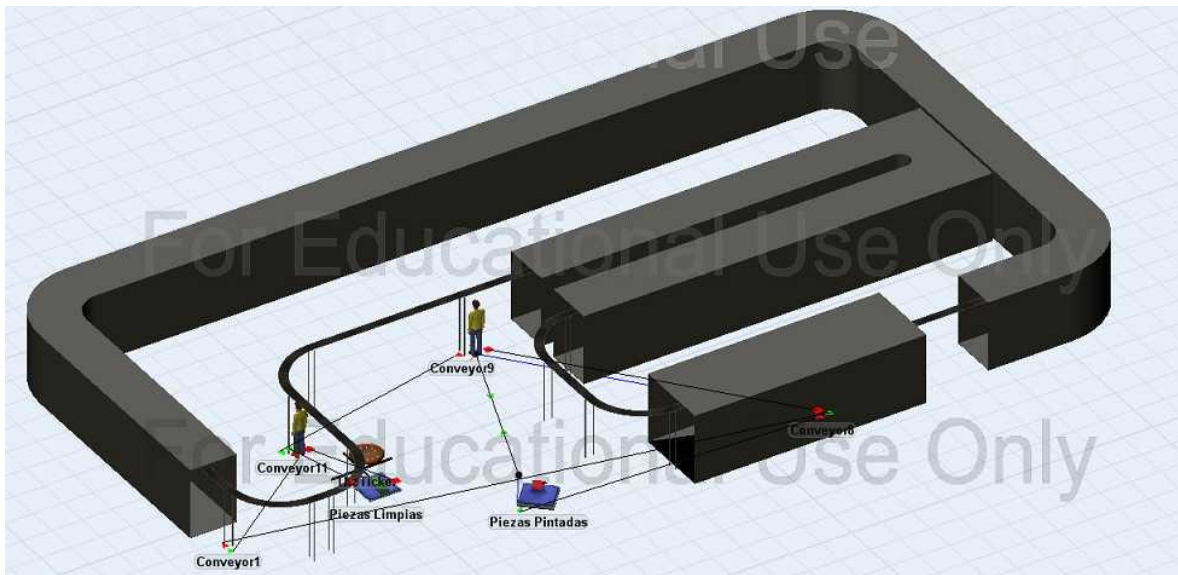


Figura 23. Línea de pintura propuesta.

De acuerdo con las medidas de cada máquina y de la nave industrial, la distribución que se propone tendrá físicamente la línea de pintura será de alrededor de 500 m² por lo que se pensó ubicarla en la tercera sección de la nave. Se pensó en la linealidad de los procesos para crear una línea continua, aunque a futuro se cree que existirá una ampliación de esta nave, a la cual se mandarán los procesos de armado y machuelado, quedando en esta nave dos terceras partes para fabricación de partes, la tercera pintura y de ahí fluya hacia la otra nave para armado, machuelado y en este espacio tener también el almacén de producto terminado y embarques. Dentro del ambiente

de simulación se muestra en las Figuras 24 y 25 la distribución de la maquinaria de acuerdo al layout presentado anteriormente.

El área a simular será el proceso de pintura, en el cual se le tienen que configurar los tiempos de carga y descarga de material, al igual que la velocidad de la cadena para regresar un resultado aproximado a la realidad.

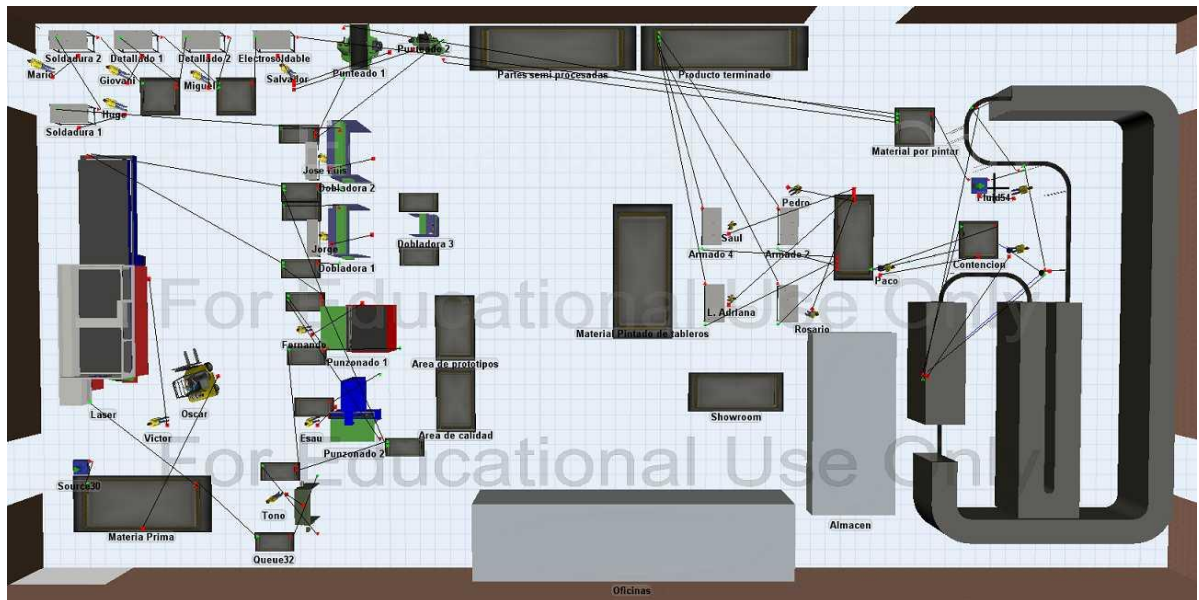


Figura 24. Vista 1 nave con distribución de maquinaria



Figura 25. Vista 2 nave con distribución de maquinaria.

2.2.7 Se cargan los tiempos estándar de cada proceso y se configura la secuencia.

En el proceso actual se estuvieron tomando algunos datos del tiempo que se tardan los operadores entre tomar el material, cargar, descargar las piezas y la aplicación de la capa de pintura que son los únicos movimientos que tendrán que hacer los operarios para alimentar la línea de pintura, el más grande de ellos es la aplicación de la pintura, en la cual se llevan aproximadamente 120 segundos, un solo pintor. Otro tiempo importante que se debe tener en cuenta es el tiempo que permanecerán las partes dentro del horno, ya que esto determinará el curado de la pintura, lo cual es parte importante dentro de la calidad del producto. Las piezas deben permanecer a 190°C durante 15 min de acuerdo a la especificación de los proveedores de pintura.

Tomando en cuenta la experiencia del ingeniero especialista en líneas de pintura. La velocidad promedio a la que va generalmente este tipo de proceso, es de entre uno a

dos metros por minuto. Por lo que, si tomamos un promedio, la cadena correría a 1.5 metros por minuto, lo que representa que las partes estarían dentro del horno aproximadamente 17 minutos. Lo que respetaría el tiempo de estancia de las partes a 190°C durante 15 minutos.

Por otro lado, la cabina de pintura tiene una longitud de 8 metros de largo, donde estarán dos pintores, uno de cada lado. Teniendo en cuenta que la línea está a 1.5 metros por minuto, la estancia de cada gabinete sería de 5.33 minutos dentro de la cabina. Si se dividen dos minutos que es lo que tarda un pintor en pintar un cuerpo, entre dos operadores, el tiempo disminuye a 1 minuto, por lo que también por este lado, se puede cumplir con el tiempo que requieren los pintores para poder aplicar la pintura.

Estos tiempos se podrán variar en cuanto se tenga el equipo listo porque se podría aumentar el set-point del horno para que las piezas lleguen más rápido a los 190°C, aunque también se debe considerar el tiempo que les lleva a los pintores realizar la aplicación de las partes para que no lo hagan de forma errónea.

Actualmente el tiempo promedio por pieza sin considerar el set-up de la máquina es de 5.2 min x pieza, lo que arroja que en una jornada de 8 hrs se pintan 92 gabinetes.

En la Figura 26 se aprecia el ingreso de la velocidad de la cadena, esta se estableció a 1.5 metros por minuto, o su equivalencia de 0.03 metros por segundo. En esta parte también se le está programando la distancia entre cada uno de los componentes que va a ser de 1 metro para que en las partes donde existan curvas, no se tengan problemas de colisión.

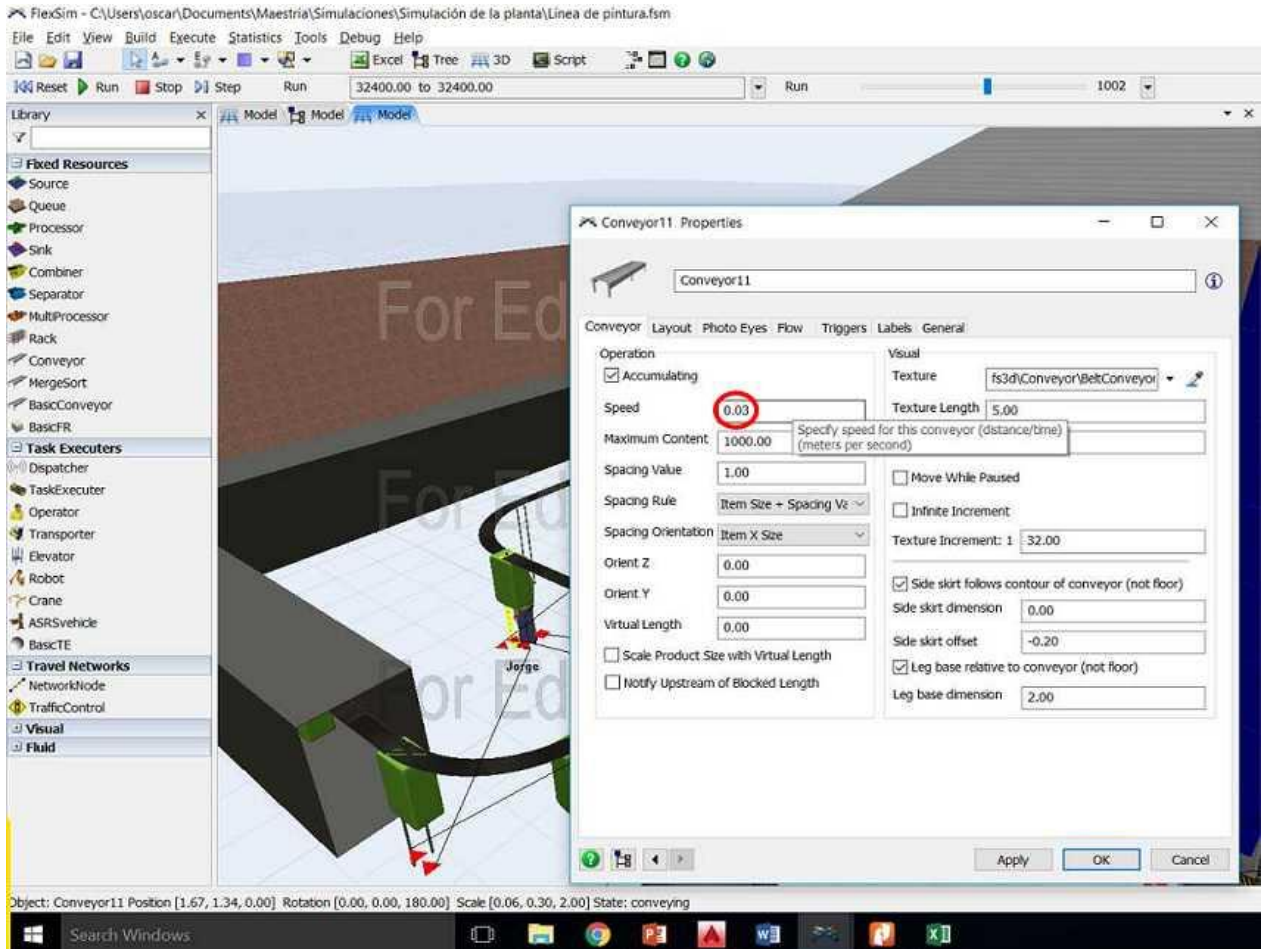


Figura 26. Programación de la velocidad de cadena y distancia entre componentes.

Los tiempos de carga y descarga también se tienen considerados, pero estos no afectan a la velocidad de cadena, ya que su tiempo es pequeño y no impacta en ello. En la Figura 27, se programan estos tiempos en los operadores para que realicen la carga y descarga de las partes. También se agrega la velocidad promedio que una persona camina que es de 5 Km/hr según el estudio que realizó Tiago V. Barreira [10].

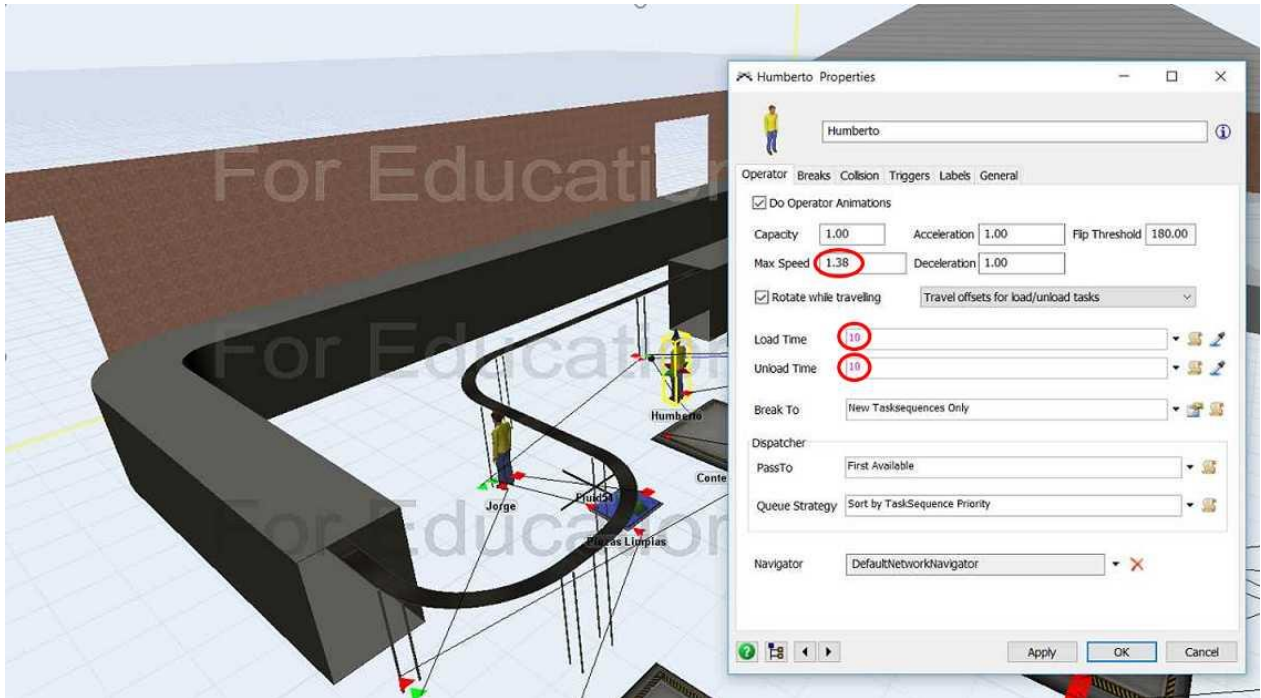


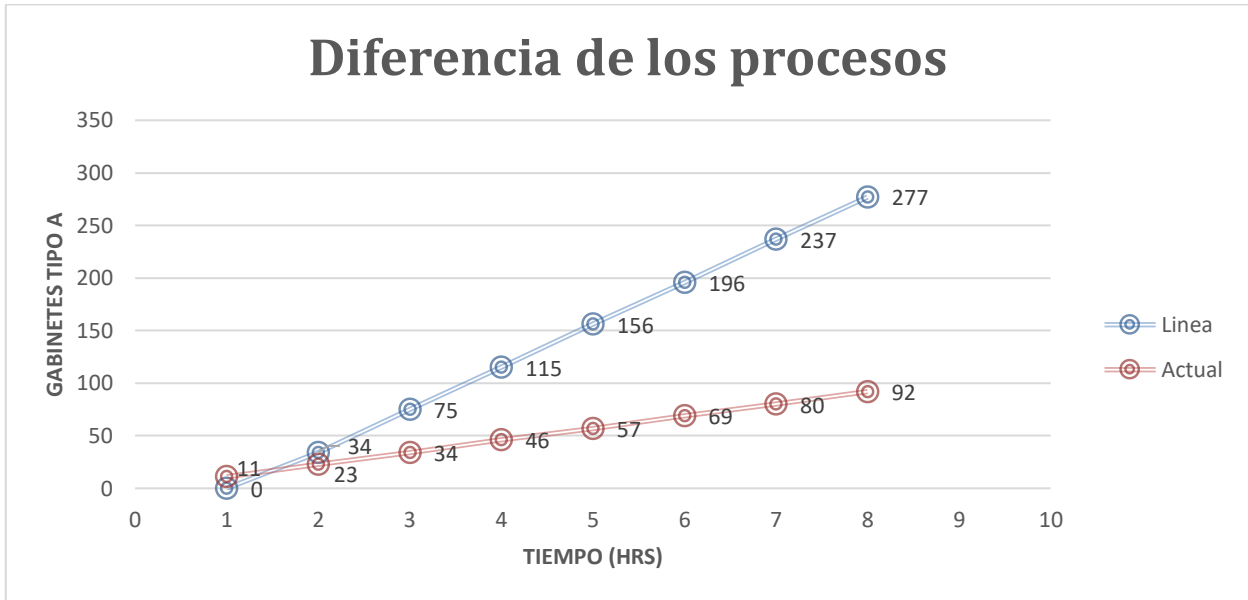
Figura 27. Programación de la velocidad del operador y tiempo de carga y descarga de las partes.

3 RESULTADOS

De acuerdo a la simulación realizada, se obtuvo como resultado la Tabla 17, donde se muestra la diferencia entre la cantidad de gabinetes que se pueden pintar con este nuevo proceso. Se puede observar que, en la primera hora en el nuevo proceso no se obtiene ninguna pieza aun por el tiempo que tarda el proceso en llenar la línea, pero a partir de la segunda hora, ya se puede alcanzar al proceso actual e incluso rebasarlo.

Tiempo de simulación (seg)	Linea continua		Proceso actual	
	Hora	Linea	Hora	Actual
3600	1	0	1	11
7200	2	34	2	23
10800	3	75	3	34
14400	4	115	4	46
18000	5	156	5	57
21600	6	196	6	69
25200	7	237	7	80
28800	8	277	8	92

Tabla 17. Salida de piezas en una jornada laboral.



Grafica 5. Visualización de la comparativa de los procesos

En base a los resultados obtenidos y el objetivo planteado sobre la simulación del proceso de la línea semi-automática de pintura, se puede determinar que este proceso tendrá beneficios sustanciosos en la reducción de tiempos del proceso de lavado y pintado que actualmente se emplean, por lo que el proyecto se valora como viable ya que ofrece alrededor del 300% de aumento en relación del número de partes por hora. Además, se pretende disminuir el número de partes no conformes de un 6% a un 2.5% gracias al proceso semi-automatizado debido a que se reduce la manipulación de las piezas por parte del personal entre la parte de lavado y pintura. Finalmente se abrirán nuevos horizontes de oportunidades para atraer a nuevos clientes como BOMBARDIER, SANMINA, entre otros.

Teniendo los resultados de la simulación, se comenzó la implementación del mismo, considerando que era tiempo para mejorar estos dos procesos. Se trabajó de manera conjunta con el proveedor que es el especialista de líneas de pintura. Él se hizo cargo de

la ingeniería y ensamble, mientras que la empresa generaba las partes metálicas para su construcción, con la finalidad de reducir costos lo más posible.

Como se muestra en la Figura 28, la línea de pintura terminada y en espera de realizar las pruebas de funcionamiento.



Figura 28. Proceso de pintura en línea continua.

Se realizaron algunas corridas para observar el comportamiento de la línea y poder comparar el resultado de la simulación con el proceso real. Se corrió la línea a 1.5 metros por segundo. En la Figura 29 se puede apreciar la corrida con partes colgadas mientras que en la cabina de pintura se pueden ver los dos pintores en la aplicación.



Figura 29. Aplicación de pintura en la línea nueva.

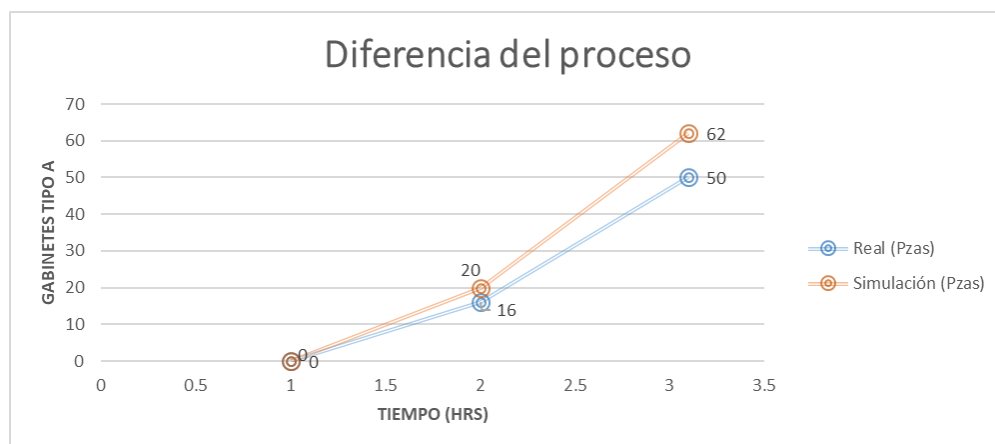
En la primera y segunda hora no se tienen gran cantidad de piezas por el tiempo que tardan las piezas en dar vuelta a todo el sistema, pero a partir de la tercera hora, el flujo de piezas es constante.

Una de las consideraciones entre la línea y el proceso viejo, es el tiempo de set-up. El proceso antiguo se tarda aproximadamente 35 min en comenzar a pintar a partir que arreglan todo el sistema, mientras que la línea se tarda alrededor de 1 hora en alcanzar la temperatura del desengrasante para poder iniciar con el proceso. Es media hora adicional, pero al final se tiene igualmente un beneficio. En la Tabla 18, se muestra la variación de las piezas obtenidas agregando el tiempo de preparación de las máquinas.

Con tiempo de Set-Up				
Tiempo de simulación (seg)	Linea continua		Proceso actual	
	Hora	Linea	Hora	Actual
3600	1	0	1	4
7200	2	20	2	15
10800	3	61	3	27
14400	4	101	4	38
18000	5	142	5	50
21600	6	182	6	61
25200	7	223	7	73
28800	8	263	8	84

Tabla 18. Salida de piezas de los dos procesos ingresando el Set-up de las máquinas.

Después presentar la mejora al proceso, con ayuda del software de Flexim, es necesario realizar una comparación entre el proceso actual y el proceso mejorado, para poder presentar los resultados obtenidos. Estos resultados se presentan en la Gráfica 6, donde se puede observar que los datos obtenidos son muy cercanos, pudiendo validar los resultados de la simulación.



Gráfica 6. Comparativa del proceso real vs simulación.

Sacando el porcentaje de mejora, se mantiene en un 313% de mejora respecto al proceso antiguo. Algunas de las mejoras que se han observado es que los defectos de



pintura han decrecido en un 60% con respecto al proceso anterior. Se redujeron los turnos, ya que con la nueva línea se puede avanzar más rápido por lo que se bajó a un solo turno.

4 CONCLUSIONES

De acuerdo a esta investigación la parte fundamental era la de reducir los tiempos muertos, por lo que se utilizaron algunas herramientas las cuales ayudaron a generar el tiempo estándar de cada parte que conforman el producto elegido a estudio. Estas herramientas fueron de gran ayuda ya que dieron como resultado en que parte del proceso se tenía el cuello de botella, concluyendo que fue en el área de pintura donde se encontró que el tiempo del proceso se iba hasta 2.2 hrs como lo indica la Gráfica 4.

La simulación del proceso de manufactura se llevó a cabo respetando los tiempos que se obtuvieron en el estudio y también con la ayuda del especialista de líneas de pintura. Teniendo el modelo se pudo realizar la comparación del proceso anterior con la simulación del nuevo dando resultados satisfactorios en la disminución de tiempos como se puede observar en la Gráfica 5, donde la cantidad de piezas obtenidas al final de la jornada laboral de 8 horas se incrementan hasta en un 313%, lo cual indica que, si se traslada a tiempo por pieza, este disminuye de 5.21 minutos a 2.26 minutos.

Al final pudo verse reflejada esta simulación contra el proceso nuevo real, donde se ratifica en la que los resultados son muy parecidos y donde estos hallazgos aún pueden mejorar con el tiempo mientras la curva de aprendizaje sea mayor. Esta validación de la simulación del proceso de pintura se podría trasladar a los demás procesos tanto dentro como fuera de la empresa para ayudar a implementar este tipo de apoyo para los encargados de mejora continua o personal de control de producción y planeación.

Este proyecto fue benéfico para la empresa, ya que, ayudo a la toma de decisiones en las demás áreas que conforman la línea productiva. De acuerdo a la hipótesis establecida al principio de este trabajo, la simulación de los procesos y la toma de tiempos ayudó a definir y mejorar el proceso de manufactura dentro de la empresa

Manufacturas Industriales Landaverde, desglosando algunos puntos se puede encontrar que la disminución de tiempos se redujo en un 60%, los tiempos, la planeación de la producción se mejoró por el ahorro de recorridos innecesarios como el traslado de nave a nave y un flujo más lineal de los procesos productivos y por último se llegó a la mejora de los procesos de lavado y pintura mediante un sistema de cadena semi-automatizado donde el volumen de partes procesadas se incrementaron de 92 piezas a 277 piezas por turno.

5 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para esta investigación serían complementar la simulación para todo el sistema productivo y validarlo al igual que se aplicó en las páginas anteriores, esto para poder definir otro tipo de situaciones que no se hayan contemplado y se puedan encontrar más mejoras dentro de la línea de producción.

Contemplando que el grueso de las empresas en el país son pequeñas y medianas empresas, este tipo de metodologías se pueden aplicar, las cuales ofrecen a la empresa que las adopta un mejor control, cultura de mejora continua y apertura a nuevos clientes por el simple uso de ellas.

6 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

[1] MEYERS FRED E. Estudio de Tiempos y Movimientos para la Manufactura. Ágil. Pearson Educación. México. 2000. Segunda Edición.

[2] HODSON William. "Manual del Ingeniero Industrial". Mex.: Mc Graw Hill. 2001. pgs. 4.15-4.18.

[3] R.M. Wygant, "A comparison of computerized predetermined time systems". Publicado por Elsevier Science Ltd. 2003. 1ra ed. Vol 17.

[4] NIEBEL B. Ingeniería Industrial, métodos, tiempos y movimientos. Esp.: Alfaomega; 1990. X | pgs 317-323.

[5] HAMDY A. Taha. Simulation Modeling and SIMNET. Prentice Hall. Primera edición. New Jersey, 1988.

[6] OCAMPO Jared R.; PAVON Aldo E. "Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim". Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2012). Panamá City, Panamá. July 23 - 27, 2012.

[7] LEVY Pierre. ¿Qué es lo virtual?. Editorial Paidós. Traducción de Diego Levis. Barcelona, España y Buenos Aires, Argentina. 1999.

[8] HALE Matt. Acceptance cart of the oxide zirconium for automotive bodies. Washington, DC, Estados Unidos. 14 de Mayo del 2009.

[9] SILVERNAIL, Nathan J.; STALKER, Jeffery L.; LINGENFELTER, Thor. “Environmentally friendly zirconium oxide pretreatment” SERDP project WP-1676. Pennsylvania, Estados Unidos. Mayo del 2013.

[10] BARREIRA V. TIAGO; ROWE A. DAVID; KANG MINSOO. “Parameters of Walking and Jogging in Healthy Young Adults”. Department of Health and Human Performance, Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN, USA; Department of Sport, Culture and the Arts, University of Strathclyde, Glasgow, UK. 13 de Abril del 2010.