# MODELO PARA PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA METÁLICAS VÁSQUEZ.

**AUTOR**
**Gustavo Adolfo Vásquez Cortes**

**UNIVERSIDAD DE IBAGUE**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**IBAGUE-TOLIMA**

**2019**

# Modelo para planeación, programación y control de la producción para Metálicas Vásquez.

**AUTOR**

**Gustavo Adolfo Vásquez Cortes**

Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de:

**ingeniero industrial.**

Director (a):

**Ing. Andrés Alberto García León**

Profesor Universidad de Ibagué

**UNIVERSIDAD DE IBAGUE**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**IBAGUE-TOLIMA**

**2019**

# Dedicatoria

*Principalmente quiero dedicar este logro a Dios que es el ser que hace posible todas las cosas, que siempre me guía dándome fuerza y sabiduría para superar los momentos más importantes en mi vida.*

*A mis padres y hermanos, pilares fundamentales de mi vida con su amor y sacrificios, por estar presentes en toda etapa de mi proceso educativo y en mi vida, especialmente a mi madre, por el apoyo moral, sus consejos, valores y su influencia para formarme como una persona íntegra.*

*A mis profesores, por su dedicación y sabiduría transmitida durante mi proceso de formación como profesional.*

# Agradecimientos

A Dios, por haberme dado la fuerza y el valor para culminar esta etapa y uno de tantos logros en mi vida.

A mis padres y hermanos, por su confianza y apoyo, que sin duda alguna han demostrado su amor, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos.

A los empleados del taller Metálicas Vásquez por permitirme realizar el proyecto y ayudarme con todos los datos necesarios para el proyecto.

Al profesor Andrés Alberto García León ingeniero de la universidad de Ibagué que me brindó su apoyo y consejos para el inicio del proyecto, muchas gracias.

Y finalmente agradecerle a la Universidad de Ibagué por permitirme realizar mi primer logro profesional: Ser Ingeniero Industrial.

.

# Resumen

Este trabajo se fundamenta en la formulación de un modelo para la planeación, programación y control de la producción en la empresa Metálicas Vásquez. Iniciando con un diagnóstico del proceso actual, el cual se efectuó realizando diversas jornadas de observación a cada puesto de trabajo. Lo anterior, permitió al autor identificar las fortalezas y debilidades presentes en el proceso, con el objetivo de sugerir mejoras que contribuirán al aumento de la productividad en la organización.

Una vez realizado el diagnostico se procede a encontrar una propuesta que mejore y estandarice las operaciones de la empresa utilizando un estudio del trabajo que se dividirá en dos partes. La primera corresponde a un estudio de métodos que por medio de la aplicación de ocho pasos y la utilización de métodos como diagramas de recorrido, diagramas de flujo y cursogramas analíticos, permitirá el desarrollo de una propuesta que no solo mejore los tiempos de producción si no el habiente de trabajo de los operarios. En la segunda parte se demostrará la eficiencia de la mejora propuesta al comparar por medio de un estudio de tiempos, el tiempo estándar y las unidas diarias de producción para un grupo de ventanas ornamentadas tanto del método actual como el del propuesto.

Seguidamente, se desarrollaron 4 políticas de programación que permitirán junto con el modelo heurístico de programación C.D.S sincronizar el abastecimiento de material, con la producción del pedido y la entrega de este, provocando una mejora en la atención al cliente por medio del cumplimiento de fechas de entrega.

Luego, se propusieron tres métodos de control enfocados en examinar el estado del producto durante el sistema productivo y la recolocación de datos necesarios para realizar correcciones en el sistema, esto permitirá al taller tener un mayor control de las existencias de material para evitar robos, perdidas o desperdicios.

Finalmente, se presentan conclusiones del modelo desarrollado, permitiendo materializar los conocimientos teóricos adquiridos en la carrera universitaria.

**Palabras clave:** Diagnóstico, Estudio de métodos, Estudio de tiempos, Políticas, Control, Planeación.

## Abstract

This work is based on the formulation of a model for the planning, programming and control of production at the company Metálicas Vásquez. Starting with a diagnosis of the current process, which was made by conducting several days of observation to each job. This allowed the author to identify the strengths and weaknesses present in the process, with the aim of suggesting improvements that will contribute to the increase of productivity in the organization.

Once the diagnosis is made, we proceed to find a proposal that improves and standardizes the operations of the company using a study of the work that will be divided into two parts. The first corresponds to a study of methods that through the application of eight steps and the use of methods such as flow diagrams, flowcharts and analytical curricula, will allow the development of a proposal that not only improves production times but also the workman of the operators. In the second part, the efficiency of the proposed improvement will be demonstrated by comparing, by means of a study of times, the standard time and the daily production units for a group of ornamented windows of both the current method and that of the proposed one.

Then, 4 programming policies were developed that will allow, along with the CDS programming heuristic model, to synchronize the supply of material, with the production of the order and the delivery of this, causing an improvement in customer service through compliance with dates of delivery.

Then, three control methods were proposed, focused on examining the state of the product during the productive system and the repositioning of data necessary to make corrections in the system, this will allow the workshop to have a greater control of the stock of material to avoid theft, loss or waste.

Finally, conclusions of the developed model are presented, allowing to materialize the theoretical knowledge acquired in the university career.


**Keywords:** Diagnosis, Study of methods, Study of times, Policies, Control, Planning.

# Contenido

**Pág.**

**1. Capítulo Problemática de la empresa ..... 22**
**1.1 Descripción de la empresa:** ..... 22
**1.2 Diagnóstico operativo:** ..... 22
**1.2.1 Diseño de ornamentación:** ..... 23
**1.2.2 Elaboración de piezas:** ..... 23
- Trazado de láminas: ..... 23
- Corte de lámina: ..... 23
- Dobles de lámina: ..... 24

**1.2.3 Ensamble de estructura:** ..... 24
- Ensamble de marco: ..... 24
- Soldadura de hoja: ..... 24
- Ensamble de escaleras y rejas: ..... 24
- Desarrollo del diseño ornamental: ..... 25

**1.2.4 Acabado final:** ..... 25
- Pulido: ..... 25
- Masillado: ..... 25
- Pintado: ..... 25

**1.2.5 Almacenaje:** ..... 25
**1.2.6 Fortalezas y debilidades del proceso:** ..... 25

**2. Capítulo Formulación de estrategia de operación. ..... 26**
**2.1 Estudio de trabajo:** ..... 26
**2.1.1 Estudio de métodos:** ..... 26
- Seleccionar el trabajo: ..... 27
- Registrar los detalles del trabajo: ..... 27
- Información extra: ..... 32
- Examinar actividades registradas: ..... 34
- Creación de un nuevo método (propuesta): ..... 36
- Evaluar: ..... 38
- Definir el nuevo método: ..... 38
- Implementar y controlar: ..... 39

**2.1.2 Estudio de tiempos:** ..... 39
- Toma de tiempos: ..... 40
- Tiempo normal: ..... 42
- Tiempo estándar: ..... 44
- Mejora: ..... 47
- Conclusión del estudio de tiempos: ..... 50

**3. Capítulo programación y control de la producción. ..... 51**

**3.1 Sistema Productivo**:..... 51
**3.2 Políticas de programación:**..... 51
**3.2.1 Aprovisionamiento de materiales:** ..... 51
**3.2.2 Entrega de pedidos:** ..... 52
**3.2.3 Programación de la producción**: ..... 52
- Programación utilizando el algoritmo heurístico de Campbell, Duke y Smith (C.D.S) ..... 54
- Políticas de producción..... 56

**3.3 Control de la producción:**..... 57
**3.3.1 Programación de pedidos con diagramas de Gantt:** ..... 57
**3.3.2 Planificación suplementaria (formatos de control):** ..... 58
- Orden de producción: ..... 59
- Requerimiento de material: ..... 59
- Proyecto realizado: ..... 59

**3.3.3 Control de gestión:**..... 60
- Productividad laboral:..... 60
- Productividad:..... 61
- Unidades día Fabricadas:..... 61
- Porcentaje de desperdicio:..... 61

**4. Conclusiones: ..... 62**

**5. Bibliografía..... 63**

**6. Anexos..... 64**

# Lista de figuras

**Pág.**

Figura 1. Ocho etapas para el desarrollo del estudio de métodos. ..... 27
Figura 2. Diagrama de recorrido. ..... 31
Figura 3. Organigrama. ..... 32
Figura 4. Panel de herramientas. ..... 37
Figura 5.Formula Método Estadístico ..... 41
Figura 6. Formula del Tiempo Normal. ..... 42
Figura 7. Formulas regla C.D.S. ..... 54

# Lista de tablas

**Pág.**

Tabla 1. Preguntas de interrogatorio. ..... 35
Tabla 2 Tabla de observaciones. ..... 41
Tabla 3. Tabla de Valoración. ..... 42
Tabla 4. Tabla de Resultados. ..... 43
Tabla 5. Tiempo estándar. ..... 45
Tabla 6. Tabla de suplementos ..... 46
Tabla 7. Tabla de observaciones mejora. ..... 48
Tabla 8. Tabla de Observaciones complementaria. ..... 48
Tabla 9 Tabla de resultados mejora. ..... 49
Tabla 10 Tiempo estándar mejora ..... 50
Tabla 11. Tiempos de proceso ..... 55
Tabla 12. Tiempos regla Johnson. ..... 55
Tabla 13. Sumatoria del tiempo para la segunda secuencia ..... 56

# Anexos

**Pág.**

Anexo A. Diseño a mano alzada y catálogo de diseños. ..... 64
Anexo B. Fotografías del área de elaboración de piezas. ..... 65
Anexo C. Fotografías de los residuos de lámina y pestañas. ..... 66
Anexo D. Fotografías del área de elaboración de ensamble. ..... 67
Anexo E. Fotografías del área de elaboración de acabados. ..... 68
Anexo F. Fortalezas y debilidades. ..... 69
Anexo G. Fortalezas y debilidades continuación. ..... 70
Anexo H. Formato de cursograma analítico. ..... 72
Anexo I. Formato de cursograma analítico para una ventana ornamentada. ..... 73
Anexo J. Formato de cursograma analítico para una puerta ornamentada. ..... 74
Anexo K. Formato de cursograma analítico para una escalera ornamentada. ..... 75
Anexo L. Formato de cursograma analítico para una reja ornamentada. ..... 76
Anexo M. Diagrama de flujo para puertas y ventanas. ..... 77
Anexo N. Diagrama de flujo de escaleras y rejas. ..... 78
Anexo O. Distribución actual del taller. ..... 79
Anexo P. Mesa de ensamble. ..... 80
Anexo Q. Cantiléver. ..... 81
Anexo R. Techo. ..... 82
Anexo S. Nueva distribución. ..... 83
Anexo T. Formato de cursograma analítico para una ventana ornamentada mejora. ..... 84
Anexo U. Formato de cursograma analítico para una puerta ornamentada mejora. ..... 85
Anexo V. Formato de cursograma analítico para una escalera ornamentada mejora. ..... 86
Anexo W. Formato de cursograma analítico para una reja ornamentada mejora. ..... 87
Anexo X. Diagrama de recorrido mejora ..... 88
Anexo Y. Diagrama de proceso para puertas mejora. ..... 89
Anexo Z. Diagrama de proceso para ventanas mejora. ..... 90
Anexo AA. Diagrama de proceso para escaleras mejora. ..... 91
Anexo BB. Diagrama de proceso para rejas mejora. ..... 92
Anexo CC. Hoja maestra elaboración de piezas ..... 94
Anexo DD. Hoja maestra ensamble de estructuras ..... 95
Anexo EE. Hoja maestra acabado final. ..... 96
Anexo FF. Tablas de tensiones relativas ..... 97
Anexo GG. Tabla de conversión de puntos. ..... 98
Anexo HH. Hoja maestra elaboración de piezas Mejora ..... 99
Anexo II. Hoja maestra ensamble de estructuras Mejora ..... 100

Anexo JJ. Hoja maestra acabado final Mejora..... 102
Anexo KK. Regla C.D.S secuencia 1. ..... 103
Anexo LL. Diagrama de inicio y terminación para K=1. ..... 104
Anexo MM. Regla C.D.S secuencia 2. ..... 105
Anexo NN. Diagrama de inicio y terminación para K=2. ..... 106
Anexo OO. Cursograma de Gantt para el control de la producción. ..... 107
Anexo PP. Formato Orden de producción. ..... 108
Anexo QQ. Requerimiento de material. ..... 109
Anexo RR.. Formato proyecto realizado. ..... 110

# Introducción

Este proyecto tiene como objetivo mejorar la gestión de operaciones para la empresa Metálicas Vásquez a través de la propuesta de un modelo para la planeación, programación y control de la producción, con el propósito de optimizar sus recursos y alcanzar niveles significativos de servicio al cliente. Los resultados del proyecto se ilustran en tres capítulos.

En el Capítulo 1, se da solución al primer objetivo específico del proyecto realizando un breve diagnóstico del área operativa actual de Metálicas Vásquez por medio de la observación directa de todas sus operaciones, que permitirá evaluar el desempeño operativo en las instalaciones e identificar diversas debilidades y fortalezas que pueden afectar el desarrollo de los proyectos (pedidos), provocar demoras en las entregas y desperdicios en el material.

En el Capítulo 2, se soluciona el segundo objetivo específico del proyecto, formulando una estrategia de operación mediante la estandarización de las operaciones aplicando la metodología del estudio del trabajo. Este estudio proporcionara un análisis crítico de los métodos de producción actual que permitirán a la organización determinar acciones que generen mayor productividad en el menor tiempo y con la utilización mínima de los recursos disponibles. El desarrollo de este estudio está basado en la observación directa y descriptiva, tomando dicha observación como instrumento de medición y análisis de la información. El estudio se lleva a cabo en la línea de estructura metálica tomando como referencia cuatro productos pertenecientes a este proceso de producción. Debido a la similitud en el desarrollo de los productos, se efectúa el análisis de solo uno de ellos: la ventana ornamentada. El análisis de los demás productos se encuentra adjunto en los anexos al final del documento.

De igual manera se realiza un estudio de tiempos que permitirá al analista comprobar la efectividad de las mejoras propuestas durante el desarrollo del estudio de métodos, al comparar el tiempo estándar y las unidades diarias de fabricación para una ventana ornamentada durante el método desarrollado actualmente y el método propuesto.

Por último, en el Capítulo 3 se soluciona el tercer objetivo específico al establecer diversas políticas de producción para el proceso de la empresa que permitirán junto con la programación de la producción sincronizar el abastecimiento de material y la entrega de pedidos. Así mismo, se resuelve el último objetivo específico al proponer el desarrollo de diferentes sistemas de control en formatos sencillos para el diligenciamiento, con la finalidad de evaluar el recorrido del producto en el sistema y obtener información oportuna sobre el proceso productivo.

# Justificación.

El desarrollo de este proyecto no solo mejorara el sistema productivo actual de la empresa Metálicas Vásquez, sino que además proporcionara una serie de beneficios a las partes involucradas en el desarrollo de este, como son:

- El taller de metal mecánica Metálicas Vásquez que actualmente cuenta con un sistema operativo basado en experiencias empíricas, que impiden la recopilación de datos necesarios para realizar modificaciones a su proceso. Por esta razón la información que suministrará este trabajo es el insumo que requiere la empresa para realizar la programación que requiere. Con los resultados obtenidos se logrará determinar los tiempos estándar de producción, mejorar los métodos que se están usando actualmente para llevar a cabo el desarrollo de la actividad productiva de la empresa de manera que la hagan más efectiva. Para elaborar la programación es necesario mejorar los procesos en el área de producción, lo cual será posible mediante el desarrollo de un estudio del trabajo donde se analizarán los métodos y tiempos de producción; esto con el propósito de aportar sugerencias que ayuden a mejorar la eficiencia en el área y lograr determinar la máxima productividad de la empresa de forma que sea más competitiva en el mercado.

- Los trabajadores involucrados en el proceso productivo del taller se verán beneficiados con la elaboración de políticas que guíen el desarrollo de su actividad dentro de la empresa. De igual manera, se garantizará el aprovisionamiento de las dotaciones personales al trabajador garantizando su protección personal.

- El buen desarrollo de este proyecto le permitirá a la Universidad de Ibagué demostrar al mercado laboral y a la sociedad que es una institución comprometida a formar jóvenes con las capacidades y competencias necesarias para triunfar como un profesional ético y comprometido con el desarrollo regional.

- El beneficio que recibirá el estudiante es la aplicación de los conocimientos en el área de administración de la producción, adquiridos durante una fase teórica obtenida en la universidad, donde el éxito y el buen desarrollo del proyecto le otorgarán el título de Ingeniero Industrial, e iniciar posteriormente el proceso de inserción al mercado laboral.

# Problemática:

Metálicas Vasquez es una empresa productora y comercializadora de productos metálicos y ornamentales elaborados en láminas de aluminio. Desde su creación se ha caracterizado porque su sistema de producción y políticas para el manejo del producto han sido empíricas, pues su infraestructura se ha desarrollado a través del tiempo y por lo tanto no se ha generado planes ni programaciones correspondientes a la producción. Esto se refleja en las siguientes situaciones:

- Acumulación de inventario en materias primas:

El taller no tiene un sistema de inventarios definido debido a que genera órdenes de compra de material solo cuando se va empezar un proyecto, además de que no cuenta con una ubicación o una bodega de almacenamiento donde se pueda depositar este material ya que es organizado según su llegada en el suelo cerca de los puestos de trabajo, esto ocasiona una acumulación de material debido al material que no se utiliza en su proyecto destinado, convirtiéndose en una posible causa de accidentes afectando la seguridad y salud de los trabajadores y provocando pérdidas de tiempo al obstaculizar el flujo de la producción.

- Entregas de pedidos:

Por lo general el taller no tiene problemas al momento de la entrega de sus trabajos, pero al no contar con políticas de programación en su producción algunas veces se generan retrasos en su entrega esto puede ocurrir debido al tamaño del pedido o complejidad del trabajo, o a la cantidad de personal con la que cuenta el taller en ese momento ocasionando que las entregas lleguen a retrasarse días y además provocando que se acumulen en el área de almacenamiento hasta que todo el proyecto sea finalizado.

- No posee control de su producción:

El taller no lleva un registro sistemático de información sobre su producción mensual o anual, impidiendo un registro histórico de la producción total, de los tiempos, de sus costos y demás variables que intervienen en la producción.

- Ausencia de manuales de producción:

El taller no cuenta con Manuales de producción basados en las políticas de planeación, programación o control de la producción que deba seguir la empresa.

- Ausencia en el uso de recursos tecnológicos:

El taller no cuenta con ningún medio tecnológico que le permita llevar un histórico o realizar diseños de estructuras debido a que estos registros o diseños se realizan de manera manual en agendas que son desechadas con el tiempo.

- Ausencia de protección personal:

Debido a que la contratación de la empresa depende del tamaño del proyecto a realizar esta solo provee de protección básica a los trabajadores nuevos como guantes y gafas de protección, tampoco capacita en trabajos de altura o en las políticas de producción de esta, problema que puede ocasionar conflictos legales a la empresa y dificultades en la salud de los trabajadores además de provocar pérdidas de contratos por no tener riesgos laborales al día.

Las situaciones anteriores hacen que la información que se genere en la actualidad no sea oportuna y que no se tome como base para la toma de decisiones y por esto no se puedan hacer proyecciones de costos o recursos.

Este problema impide que la producción se optimice ocasionando a la empresa una pérdida de competitividad a nivel departamental, perdiendo la oportunidad de aumentar su rentabilidad ya que al no tener controles de su producción no podrá conocer totalmente el alcance de su proceso productivo.

Para el cambio de este problema, se hace indispensable realizar un diagnóstico operacional de cada una de las áreas que conforman el proceso productivo de la empresa donde no solo se evidencian cada una de las actividades que realiza en cada operación si no que demuestre cada fortaleza y debilidad que se presenta en estas operaciones, con el fin de diseñar políticas y estrategias de programación, planeación y control de la producción que contribuyan al fortalecimiento de la empresa.

# Objetivos.

**General:**

Formular un modelo de operación para la planeación, programación y control en la producción para la empresa Metálicas Vásquez que permita optimizar sus recursos y alcanzar niveles significativos de servicio al cliente.

**Específicos:**

1. Diagnosticar y evaluar el desempeño operativo actual del área de producción en Metálicas Vásquez, que permita identificar mejoras en el proceso.
2. Formular una estrategia de operación mediante la estandarización de las operaciones aplicando un estudio del trabajo.
3. Definir políticas para la programación de la producción que conlleven a sincronizar la entrega de pedidos con el aprovisionamiento de materiales.
4. Determinar estrategias de control para el mejoramiento del proceso productivo.

# 1. Capítulo Problemática de la empresa

Este capítulo se explica así: se describe la empresa, se explican los procesos de fabricación y seguidamente un diagnóstico de las debilidades y fortalezas detectadas en el proceso.

## 1.1 Descripción de la empresa:

Metálicas Vásquez (M.V) inicio sus labores en el año 1988, comenzó con un pequeño establecimiento ubicado en el barrio el Carmen de la ciudad de Ibagué, allí se desarrollaban todo tipo de trabajos relacionados con estructuras metálicas, desde la elaboración de rejas hasta puentes. Contaba con un equipo de trabajo conformado por cinco personas, el jefe del taller, tres oficiales (soldadores) y un ayudante. Su principal producto son las estructuras ornamentadas (puertas, ventanas, rejas y escaleras) realizadas con láminas de aluminio calibre 18 pulgadas y 20 pulgadas, electrodos de soldadura 6013, tubos de aguas negras, platinas y varillas.

En 1990, el taller decidió realizar inversiones en maquinaria a fin de agilizar el proceso y reducir la dependencia de terceros. Estas adquisiciones provocaron que la producción aumentara y en consecuencia las ganancias crecieron significativamente. Con el pasar de los años la empresa fue adquiriendo experiencia y reputación en la ciudad lo que ocasionó que en el año 2013 alquilara una bodega de 540 metros cuadrados ubicada en la calle 24 con carrera 6 en la ciudad de Ibagué, donde paga un canon de arrendamiento de $1.300.000. El taller no ocupa la totalidad de la bodega, puesto que arrienda una parte a un taller de carpintería.

En las nuevas instalaciones, la empresa implemento una política de contratación, la cual establece que el taller solo mantendrá como personal fijo a 7 personas con contratos a término de un año, los cuales se dividen en cinco oficiales y dos ayudantes. La empresa solo contratara a personal nuevo con un contrato por prestación de servicios si no puede dar abasto a los proyectos que esté realizando. Otro cambio que la empresa tuvo que asumir al reubicar sus instalaciones, fue la compra de nuevo equipo que remplazara al equipo obsoleto o dañado. Esto permitió a la empresa adjudicarse más proyectos con los que logró unas ganancias de 250 millones de pesos anuales.

## 1.2 Diagnóstico operativo:

A continuación se hace un diagnóstico operativo detallado de los procesos vinculados en la producción del taller, los cuales son: diseño de ornamentación, Elaboración de piezas, Ensamble de estructura y Acabado final.

- Se hará uso del método de observación directa utilizando la técnica llamada managing by walking around que consiste en “observar directamente a los trabajadores para saber qué es lo que está pasando, hacer preguntas, escuchar, y tal vez probar su trabajo” (Guerra, 2007). Además, se tendrá en cuenta la descripción de cada una de las operaciones básicas

que conforman el sistema de producción para la elaboración de proyectos pequeños como puertas, ventanas, escaleras y rejas. Se analizarán las fortalezas y debilidades que estos presenten con el fin de tener una idea general sobre el modelo productivo del taller, para poder generar alternativas de mejora sobre los errores que se encuentren.

### 1.2.1 Diseño de ornamentación:

En este proceso se escoge el diseño que va a ser recreado en la estructura, se puede elegir de dos formas: la primera radica en realizar un diseño manualmente (Anexo A) siguiendo las especificaciones del cliente y, la segunda forma consiste en examinar un catálogo fotográfico en el que se encuentran diversos diseños elaborados previamente. Una vez el cliente selecciona el diseño este se adaptará al tamaño de la estructura por medio de un dibujo a mano alzada. En este punto ocurre la primera inspección del proceso; en esta, se observa si las medidas y el diseño concuerdan con las especificaciones acordadas para evitar problemas al momento de la instalación o entrega.

Para esta operación el cliente debe contar con las medidas finales de su estructura a fin de definir precios y material a consumir, si este no cuenta con las medidas puede solicitar la toma de medidas a domicilio por parte del taller. Cuando ya se han determinado los materiales, el diseño, las medidas y el tiempo de fabricación, se hace entrega de un recibo en el que se especifica el pago adelantado por el proyecto, y el tiempo en el que debe entregarse. Se debe tener en cuenta que tanto la toma de medidas como la realización del diseño no influye el costo final de la estructura

### 1.2.2 Elaboración de piezas:

En esta actividad se elaboran las partes que conforman las hojas (se le llama hoja a la estructura que conforma la puerta, en esta parte se agrega el diseño ornamentado del proyecto) y los marcos, esta cuenta con tres subprocesos (Anexo B) para su finalización los cuales son: trazo, corte y doblez de láminas.

- Trazado de láminas:

Este subproceso es realizado por una persona que se encarga de trazar sobre la lámina una guía que sirve como referencia al momento del corte y doble. Su trazo radica en utilizar una plantilla y un pequeño rallador artesanal (broca desechada afilada con el fin de parecer un lápiz) con los que se realizan las marcas que son distintas, dependiendo del proyecto a realizar.

- Corte de lámina:

Este subproceso es realizado por una persona que transporta la lámina debidamente trazada a una cizalla, donde se aplica suficiente fuerza para separar las partes que conforman los marcos y las hojas que van a ser dobladas. Si el grosor de la lámina de aluminio impide el corte manual se contrata un servicio externo que ofrece el corte en una máquina a presión. Cabe mencionar que actualmente el taller cuenta con una política de cero desperdicios, debido a que los residuos que salen de este subproceso son reutilizados en pestañas (son

pequeños triángulos que se sueldan a los costados de los marcos para que al momento de colocarlos en las aperturas de la pared estos se sostengan junto con el cemento), rieles (son pequeñas guías que se sueldan a marcos pequeños, comúnmente usados en baños) y pasadores (son pequeñas varillas que se sueldan a la parte trasera de la puerta, con el fin de darle más seguridad al momento de cerrarla). Es de resaltar que este residuo no tiene un contenedor para ser depositado (Anexo C), mientras es requerido para su transformación en los elementos anteriormente mencionados, sino que es colocado a un costado de la máquina de corte en el suelo, encontrándose expuesto a animales, polvo y humedad. Cuando el residuo es muy pequeño o es inservible por su estado (oxidado) este se vende a una chatarrería a fin de recuperar un poco la inversión.

- Dobles de lámina:

Este subproceso es realizado por una o dos personas, dependiendo del largo de la pieza a doblar. Se utiliza una dobladora que es una máquina hecha artesanalmente por el jefe del taller, con una capacidad de doblar láminas en ángulos desde 10° hasta 135°. Cuando son dobladas todas las piezas se juntan por parejas y se conducen al área de ensamble.

### 1.2.3 Ensamble de estructura:

En este proceso se arman las piezas que conforman la estructura (Anexo D), esta área cuenta con varios subprocesos dependiendo del tipo de proyecto que se desee ensamblar, entre los que podemos destacar el ensamble de marcos, hojas, escaleras o rejas, y la elaboración del diseño ornamental.

- Ensamble de marco:

En este subproceso se elaboran los marco para las estructuras que conforman puertas o ventanas, es un proceso sencillo en el que solo se suelda las láminas en forma de T, haciendo uso de un inversor eléctrico o soldador y una barra de soldadura 6013. Aquí se produce la segunda inspección, en esta el operario examina las partes del marco con el propósito de determinar fallos en las piezas que pueden evitar que estas encajen, como por ejemplo en fallos al doblar o errores de medida.

- Soldadura de hoja:

En esta operación se suelda la hoja que conforma la puerta, utilizando un inversor eléctrico y una vara de soldadura 6013, aquí se dejará una apertura para integrar la parte ornamentada. En este punto se realiza la tercera inspección que verifica si todas las piezas encajan. Este subproceso solo sucede en la elaboración de puertas, ya que la hoja es la parte de la estructura que cumple con la función de abrir y cerrar. Para el caso de alguna otra estructura se continúa directamente con el siguiente subproceso.

- Ensamble de escaleras y rejas:

Esta operación es la segunda fase del proceso para la elaboración de escaleras y rejas, porque después de recibir el diseño a mano alzada el operario debe medir y cortar (usando una tronzadora o pulidora) los materiales necesarios para la estructura donde se va a incluir el diseño ornamental; este puede estar compuesto de tubos aguas negras o tubos cuadrados.

Para el caso de las escaleras el operario debe armar cada paso con platinas con el propósito de formar el estilo que fue solicitado (caracol, L o recta).

- Desarrollo del diseño ornamental:

En este procedimiento se recrea el diseño solicitado por el cliente, empleando los materiales previamente acordados con él que pueden ser tubos, varillas o platinas que se cortan, doblan y enroscan, para adaptarse al diseño. También se hace uso de materiales de complemento como piñas y piezas de decoración que son soldados en la apertura de la hoja, en el marco en el caso de las ventanas o directamente en la estructura en el caso de escaleras y rejas.

### 1.2.4 Acabado final:

En esta actividad se dan los acabados finales al proyecto (Anexo E), al retirar los excesos de soldadura. Es realizado por una persona y consta de tres subprocesos los cuales son:

- Pulido:

Este subproceso elimina los excesos de soldadura que suelen quedar en la estructura, con el fin de darle un mejor acabado al producto. Se utiliza una pulidora y un disco de pulido. En esta parte ocurre la última inspección que consiste en observar las uniones de soldadura con la intensión de detectar errores estructurales.

- Masillado:

En el masillado se rellenan los imperfectos ocasionados por la soldadura utilizando masilla para metales. Por lo general la masilla se vierte sobre el cordón de soldadura previamente pulido, después se retira el exceso para que no cree algún tipo de marca o resalto a la hora de pintarse.

- Pintado:

En este subproceso se prepara una mezcla de pintura anticorrosiva de color a petición del cliente. Por lo general el taller hace entrega de la estructura en anticorrosivo negro, esta permite que el proyecto se conserve por más tiempo sin que adquiera una capa de óxido.

### 1.2.5 Almacenaje:

En este momento el taller no cuenta con una zona de almacenamiento delimitada, lo que provoca que estos almacenen las estructuras terminadas una sobre otra en la parte trasera de las instalaciones. En este lugar la pieza cumple con una etapa de secado antes de ser entregada; sin embargo, para las estructuras cuya entrega no es próxima, pueden estar bajo condiciones climáticas como lluvia o sol que afecten directamente sobre la estructura.

### 1.2.6 Fortalezas y debilidades del proceso:

Una vez expuesto el funcionamiento del área productiva del taller se procede a realizar un análisis de los factores internos que afectan a cada uno de los procesos, con el objetivo, de

conocer todas las debilidades a mejorar en el taller. En los anexos (F-G), podemos observar estos factores clasificados por procesos, fortalezas y debilidades.

# 2. Capítulo Formulación de estrategia de operación.

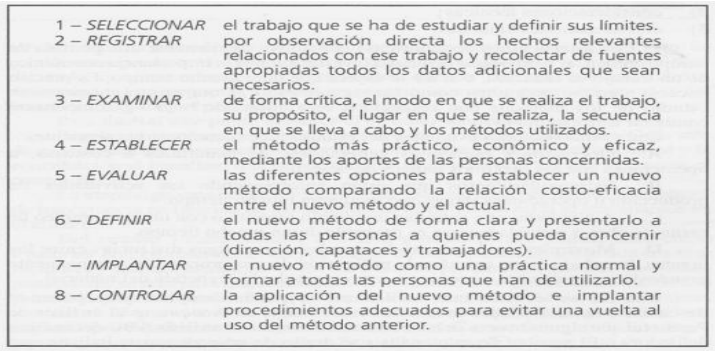
En este capítulo se explica la formulación estratégica de operación, mediante la realización de un estudio de trabajo.

## 2.1 Estudio de trabajo:

Teniendo en cuenta las fortalezas y debilidades detectadas en el diagnostico anterior se procede a formular una estrategia de mejora que estandarice la operación actual basándose en el desarrollo de un estudio de trabajo, este tiene como objetivo según (Garcia, 2005) "aumentar la productividad con los mismos o menores recursos si entendemos al trabajo como la actividad que integra los recursos materiales, de mano de obra y de maquinaria, con el fin de producir los bienes o servicios" (P. 2).
Este estudio se dividirá en el desarrollo de un estudio de métodos y en un estudio de tiempos, en estos se examinará el trabajo humano en el taller en todas sus dimensiones, se investigará todos los factores que influyen en el desempeño de cada operario, con el propósito de incrementar la productividad sin recurrir a grandes inversiones de capital o exigir un mayor esfuerzo a los operarios.

### 2.1.1 Estudio de métodos:

Considerando el diagnóstico operativo realizado anteriormente, se realizará un estudio de métodos que se basa en el "registro y examen crítico y sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras" (kanawaty, 1996, pág. 77). Se analizarán las operaciones, movimientos, diseño y desarrollo del sistema productivo en la empresa. Con el propósito de aplicar los ocho pasos que constituyen el desarrollo lógico del estudio de métodos como se muestra en la figura (1) que permitirán explicar de una manera más profunda las actividades del taller para generar una propuesta de mejora del proceso productivo que estandarice las operaciones de la manera más efectiva.



| | |
|---|---|
| 1 – *SELECCIONAR* | el trabajo que se ha de estudiar y definir sus límites. |
| 2 – *REGISTRAR* | por observación directa los hechos relevantes relacionados con ese trabajo y recolectar de fuentes apropiadas todos los datos adicionales que sean necesarios. |
| 3 – *EXAMINAR* | de forma crítica, el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar en que se realiza, la secuencia en que se lleva a cabo y los métodos utilizados. |
| 4 – *ESTABLECER* | el método más práctico, económico y eficaz, mediante los aportes de las personas concernidas. |
| 5 – *EVALUAR* | las diferentes opciones para establecer un nuevo método comparando la relación costo-eficacia entre el nuevo método y el actual. |
| 6 – *DEFINIR* | el nuevo método de forma clara y presentarlo a todas las personas a quienes pueda concernir (dirección, capataces y trabajadores). |
| 7 – *IMPLANTAR* | el nuevo método como una práctica normal y formar a todas las personas que han de utilizarlo. |
| 8 – *CONTROLAR* | la aplicación del nuevo método e implantar procedimientos adecuados para evitar una vuelta al uso del método anterior. |

**Figura 1. Ocho etapas para el desarrollo del estudio de métodos. Autor (kanawaty, 1996, pág. 77)**

- Seleccionar el trabajo:

Consiste en "examinar todos los aspectos de trabajo que conforman una empresa, con el objetivo de elegir el que debe ser mejorado considerando uno de los tres puntos de vista (humano, económico, técnico)" (Garcia, 2005, pág. 36).

Para este estudio se consideró un punto de vista económico, ya que, se mejorarán los sistemas de producción de los cuatro productos, más frecuentes y rentables de la empresa (ventanas, puertas, escaleras, rejas).

- Registrar los detalles del trabajo:

Una vez seleccionados los elementos a estudiar, se procede a registrar por medio de la observación directa todos los hechos relevantes relacionados con los productos escogidos, utilizando técnicas de anotación como: Cursogramas analíticos de la operación, Diagramas de flujo y Diagramas de recorridos.

- Cursograma analítico de la operación:

El cursograma analítico según (kanawaty, 1996) "es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda" (Pág. 91). Este diagrama describe la operación en la empresa utilizando una serie de cinco símbolos uniformes que sirven para representar todos los tipos de actividades o sucesos que probablemente suceden en el proceso.

En el taller no existe un cursograma analítico definido, puesto que su sistema productivo se realiza de una manera empírica dependiendo de los conocimientos que tiene cada trabajador sobre el proyecto, sin seguir una serie de pasos definidos. Al Saber esto se procedió a la elaboración de los cursogramas, con la colaboración de los oficiales y ayudantes del taller. Haciendo uso de un formato de cursograma analítico (Anexo H) que permite al analista recopilar la información del proceso teniendo en cuenta la simbología, tiempos y distancia.

Para diligenciar el formato de cursograma analítico, se tuvo en consideración el lugar donde se llevó el análisis, la actividad que se examinó y la fecha de realización, seguido de esto se describieron cada uno de los elementos necesarios para la fabricación del producto, después se hizo uso de un cronometro y un decámetro para determinar el tiempo que tarda el operario en realizar el elemento en minutos y la distancia en metros que tiene que recorrer para finalizar estos. Una vez recopilados todos los datos en el formato se traza con una regla el recorrido que tuvieron los materiales en el proceso siguiendo la simbología del diagrama, como lo podemos observar en los anexos (I al L). Para este caso específico se determinó que la mayoría de las actividades son netamente operacionales, lo que significa que los operarios permanecen en constante actividad durante el turno de trabajo.

|

- Diagrama de flujo:

Este diagrama muestra una descripción visual de todos los elementos involucrados en el proceso dando a conocer la relación que existe entre ellos por medio de figuras (cuadrados, triángulos, círculos).

Conociendo el proceso gracias a la observación llevada a cabo con el formato mencionado anteriormente, se procedió a realizar los diagramas de flujo para puertas-ventanas y escaleras-rejas (anexo M y N) que representen todos los procesos que conforman el sistema productivo realizado por los operarios.

- Diagrama de recorrido:

El diagrama de recorrido en la figura 2, muestra cual es el recorrido que tiene el material para su procesamiento dentro del taller para dos tipos de recorrido. El recorrido 1 se representa la línea de fabricación para puertas y ventanas, iniciando en el área de diseño y trazado, aquí son depositadas las láminas de aluminio solicitadas al proveedor sobre una mesa de trabajo. Después de decidir el diseño y trazar la lámina, ésta es transportada al área de corte recorriendo una distancia aproximada de 3.57 metros. Luego de ser cortado el material, este regresa y se dirige al área de doble, una distancia de 6 metros aproximadamente. Una vez doblado y separado por proyecto el material se traslada al área de ensamblado una distancia entre 7.32 metros a 9 metros dependiendo de la mesa de trabajo a la que fue asignada. Cuando se termina el proceso de ensamble el material se transporta al área de acabados tomando como referencia el puesto de ensamble más lejano una distancia de 11.5 metros, ya terminado el proceso de acabado la pieza se mueve 2 metros para ser almacenada temporalmente hasta el momento de su entrega.

En el recorrido 2 se representa la fabricación de escaleras y rejas, iniciando en el área de diseño y trasado, donde se realiza un dibujo a mano alzada que sirve como referencia para que el operario inicie su proyecto, ya en el puesto de trabajo el operario toma el material que se encuentra en el piso y se traslada al área de herramientas para cortarlo o enroscarlo, una vez reunido el material necesario el operario se traslada 2 metro hasta su puesto de

trabajo allí procede a ensamblar el marco de la estructura. Después de armar el marco el operario se traslada de nuevo al área de herramientas para cortar, doblar y enroscar el material necesario para ensamblar el diseño de la estructura y se traslada de nuevo 2 metro hasta su mesa de trabajo para ensamblarlo, cuando la estructura se encuentra ensamblada esta se traslada al área de acabados una distancia entre 11. 5 metros a 3 metros dependiendo del puesto de ensamble al que fue asignado, ya terminado el proceso de acabado la pieza se mueve 2 metros para ser almacenada temporalmente hasta el momento de su entrega.

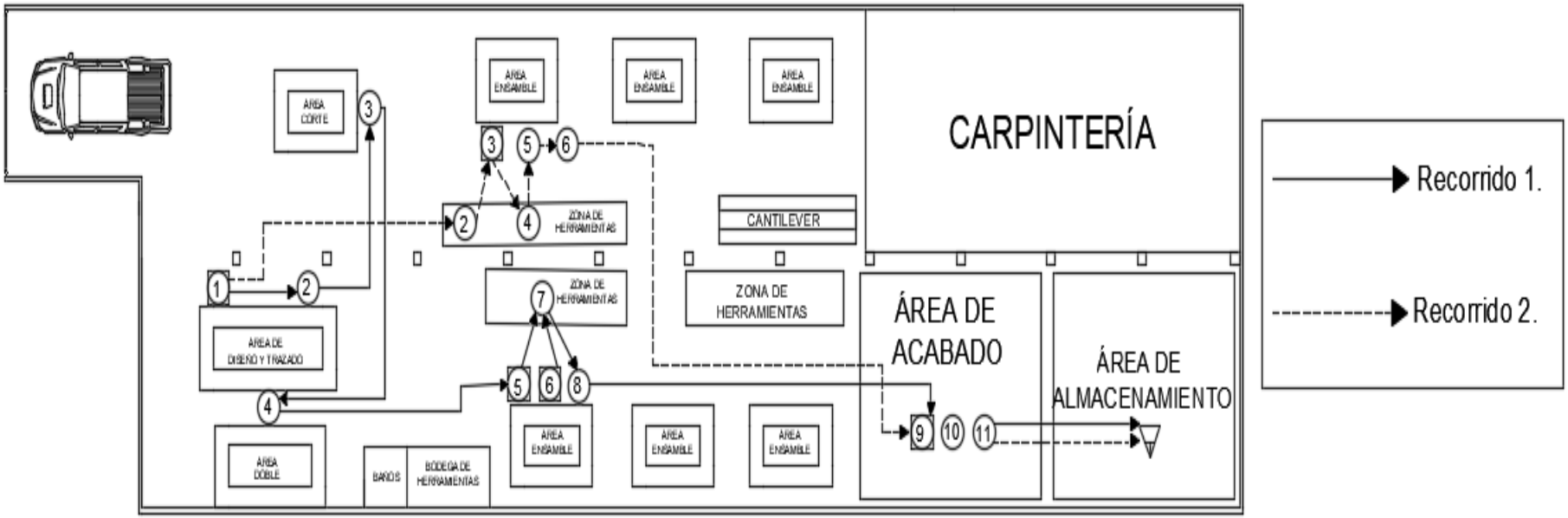



**Figura 2. Diagrama de recorrido. (Autor)**

- Información extra:

Con el fin de garantizar la información necesaria para el estudio se decidió recopilar información extra que puede servir para el diseño de la mejora del proceso, entre la información recolectada se encuentran los horarios y costos de la mano de obra, el organigrama del taller, calidad del producto, y la distribución actual del taller.

- Horarios y costos de mano de obra:

El horario laboral en el taller es de lunes a viernes de 7:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. y los sábados de 7:00 a.m. hasta la 3:00 p.m. Los pagos a los operarios se realizan semanalmente, los ayudantes reciben un pago fijo de $240.000 pesos y los oficiales reciben un pago de $25.000 pesos según el metro cuadrado del proyecto que haya finalizado.

- Organigrama:

Actualmente la empresa presenta una estructura vertical, simple y centralizada, esto quiere decir que en esta existe solo un ápice estratégico (alta dirección de la empresa conformada por una persona con los conocimientos necesarios para gestionar todas las facetas de la empresa, encargada de tomar las decisiones más significativas de la organización) y un núcleo de operaciones (trabajadores que están relacionados directamente con la producción). Este tipo de estructura facilita la comunicación de los altos directivos con los operarios permitiendo de esta manera controlar de cerca las operaciones dentro de la organización.

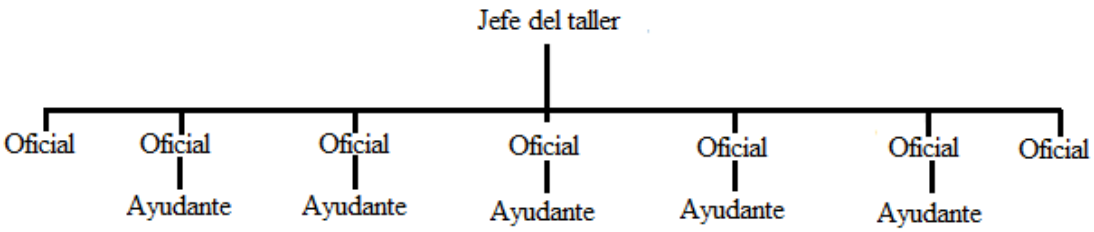



**Figura 3. Organigrama. (Autor)**

Observando la figura 3 podemos destacar que el jefe del taller tiene como función recibir a los clientes, realizar los diseños, tomar medidas, trazar y doblar las láminas de aluminio. Debajo de él podemos encontrar a los oficiales o soldadores, estos se encargan de igual forma, de doblar las láminas, armar marcos y hojas, realizar el diseño ornamental y de soldar; el número de oficiales puede aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad de proyectos que el taller pretenda realizar. Por último, encontramos a los ayudantes que, como su nombre lo indica, se encargan de brindar apoyo a los oficiales, además de pulir, masillar y pintar las estructuras. Actualmente la empresa cuenta con 7 oficiales y 5 ayudantes en su nómina.

- Calidad del producto:

En cuanto a la calidad del producto, la empresa realiza cuatro tipos de inspecciones durante etapas claves de fabricación para verificar que el producto final cumpla con los estándares que el cliente desea. A continuación explicaremos brevemente cada una de ellas:

1. Inspección del boceto ornamental: Esta inspección es realizada por un operario que verifica cada aspecto plasmado en el boceto realizado a mano de la estructura solicitada. Examinando el diseño en busca de fallos en las medidas, en el diseño ornamental y los demás requerimientos solicitados por el cliente como pintura u orientación de la estructura al momento de abrir, a fin de evitar fallos más adelante en el proceso.
2. Inspección de Piezas de la estructura: Esta inspección es realizada por el oficial de ensamble que junta cada pieza de la estructura en su lugar antes de ser soldada para identificar que estas encajen correctamente, con el objeto de evitar que su estética se vea afectada. Si se detecta alguna falla, el oficial debe informar al jefe del taller y reemplazar la pieza errónea repitiendo el proceso desde la etapa de trazado, esto para el caso de marcos y hojas; en el caso de otra estructura el oficial debe empezar desde la etapa en la que se cometió el error.
3. Inspección de uniones de soldadura: Esta inspección es realizada por los ayudantes del taller que verifican antes de pulir los cordones de soldadura con el objetivo de garantizar que la estructura fue unida correctamente y que no se separan por algún movimiento brusco.

Gracias a estas inspecciones pocas veces el taller ha recibido reclamos de sus clientes, aunque esto no quiere decir que, no se deba crear una cultura de mejora continua en el proceso para evitar que estos fallos se presenten durante el desarrollo de las estructuras.

- Distribución del taller:

El taller cuenta con una bodega arrendada de 540 metros cuadrados organizada como se muestra en el anexo (O). El taller no ocupa la totalidad de la bodega debido a que arrienda una parte a un taller de carpintería. En la bodega no se encuentran pasillos delimitados y por esta razón suelen ser ocupados por material que obstaculiza el paso y genera demoras en el proceso. El taller cuenta con 9 estaciones de trabajo dotadas de los elementos necesarios para cumplir su función, como en el área de ensamble que cuenta con mesas con dimensiones de 2.5x1x0.90 metros como se muestra en el anexo (P), equipadas de un pequeño compartimiento en una de sus costados para almacenar electrodos de soldadura y aperturas en el centro de la mesa que permiten al trabajador manipular con libertad la estructura; no obstante, cada puesto de ensamble está rodeado con elementos que pueden llegar a dificultar la movilidad del trabajador como sillas, estantes vacíos y repisas mal colocadas. También cuenta con baúles que almacenan las herramientas que no están en uso sin ninguna organización.

El área de ensamble cuenta con zonas de herramientas en las que podemos hallar las máquinas (tronzadora, esmeril, prensa, cizalla) necesarias para que el oficial puede darle forma al diseño ornamental. El taller posee un pequeño cantiléver de 4 metros de largo que almacena algunas varillas de 6 metros, pero a causa del poco espacio del cantiléver el material es depositado en otros lugares como se mencionó anteriormente. También se puede encontrar un área de acabados aquí el operario cuenta con un compresor y burros libres para apoyar la estructura y facilitar el pulido, masillado y pintura. Además el taller cuenta con una zona para el almacenamiento de producto terminado; aunque una parte de esta se encuentra descubierta en uno de sus extremos, por donde puede ingresar agua y entrar en contacto directo con la estructura.

Es útil mencionar que el taller no cuenta con piso en cemento o en baldosa, sino que se encuentra cubierto por arena, piedras y pequeños escombros de metal. Además, posee un techo sostenido por columnas de bambú, debajo de este pasan cables de alta tensión que alimentan cada una de las maquinas. Solo existe un baño unisex y un lavadero que cumple la función de lavamanos. Por otro lado, el taller cuenta con un cuarto de herramientas utilizado como vestidor y como almacén de equipo, material pequeño y delicado.

- Examinar actividades registradas:

Después de recolectar la información del proceso se procede a realizar el examen critico de la información utilizando la técnica de la interrogación que "es el medio de efectuar el examen critico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas" (kanawaty, 1996, pág. 96).

La entrevista se realiza a cada operario responsable de las diferentes áreas de trabajo del taller (Elaboración de piezas, Ensamble y Acabados), estas preguntas estarán enfocadas a el propósito, lugar, sucesión, personas y medios de ejecución que se efectúan en el proceso con el motivo de eliminar partes innecesarias del trabajo, combinar procesos siempre que sea posible, ordenar de nuevo la sucesión de las operaciones o simplificar la operación.

En la tabla 1 se puede observar las preguntas realizadas a cada área de trabajo estas servirán como referencia al momento de realizar la propuesta de mejora del taller.

| | |
|---|---|
| **ELABORACIÓN DE PIEZAS** | **¿Por qué el corte de piezas esta separa de los procesos de trazado y doble?**<br>R/ El corte de láminas se encuentra separado por que fue el ultimo elemento que fue trasladado cuando se alquiló la bodega y no se contaba con el espacio y tiempo en ese entonces para reubicarlo.<br><br>**¿Es posible juntarlo con los demás procesos del área de elaboración de piezas?**<br>R/ Si solo se debe adaptar la cizalla a una de las mesas de trabajo del área de manera que no vaya a estorbar en el trabajo.<br><br>**¿Cuántas personas participan en el área?**<br>R/Comúnmente un operario puede encargarse del área, pero una vez el nivel de trabajo aumente se le asigna a un ayudante que realiza el corte de las laminas y ayuda en el doblado de estas. |
| **ENSAMBLE DE PIEZAS.** | **¿Por qué el operario no puede cortar todos los elementos que va a necesitar para el marco y el diseño ornamental de una vez?**<br>R/Eso depende de cada trabajador pero si se puede pero solo en la fabricación de rejas y escaleras por que el operario puede hacer que las piezas encajen fácilmente, pero para las puertas y ventanas si tiene que medir primero el espacio en el marco para hacer que el diseño encaje bien.<br><br>**¿Por qué el material de trabajo es ubicado en el piso?**<br>R/ Se ubica en el piso debido a la falta de espacio del cantiléver.<br><br>**¿Por qué la zona de herramientas se encuentra tan cerca del área de trabajo?**<br>R/ al momento del traslado a esta bodega no se considero dejarlas en otro lugar y se fijaron al piso sin posibilidad de moverse.<br><br>**¿Se podrían mover la zona de herramientas a otro lugar?**<br>R/ Si, pero para moverlas se requiere de palas y pulidoras para poder moverlas.<br><br>**¿Por qué hay tantos estantes y sillas en su puesto de trabajo?**<br>R/ Necesito los estantes para poder almacenar la herramienta y la silla la tengo para poder almorzar cómodamente |
| **ACABADO DE PIEZAS.** | **¿Cuántas personas participan en el área?**<br>R/ solo una persona por proyecto.<br><br>**¿Por qué los trabajadores no tienen la protección necesaria?**<br>R/si tienen su protección personal pero prefieren no utilizarla por que ellos consideran que les estorba.<br><br>**¿Por qué las pinturas se encuentran desordenadas?**<br>R/ el trabajador dispone de una mesa para dejar el galón de pintura mientras realiza su operación, pero no cuenta con un sitio fijo para almacenarla.<br><br>**¿Por qué la pintura se realiza al aire libre?**<br>R/ Se realiza al aire libre por que no se cuenta con mas espacio para poder encerrarla en una cámara de pintura, además no se cuenta con el dinero ni con el permiso del dueño de la bodega para instalarla, por ahora se aprovecha la corriente de aire para que las emisiones de pintura no lleguen a los demás trabajadores. |

**Tabla 1. Preguntas de interrogatorio. (Autor)**

- Creación de un nuevo método (propuesta):

Con el objeto de mejorar el proceso de producción, disminuir los riesgos de accidentes de trabajo y mejorar la organización de las áreas que conforman la empresa, se presentan las siguientes propuestas de mejoramiento del proceso productivo.

- Según la información obtenida en los Diagramas de flujo y de proceso se propone a la empresa la implementación de un programa de diseño como AutoCAD, que mediante el uso de una base de datos este puede almacenar todos los diseños elaborados en el taller a fin de crear un catálogo virtual para que el cliente pueda tener gran variedad de opciones al momento de escoger la ornamentación de la estructura. Además de permitir al cliente ver una representación más acercada a la realidad de su diseño propuesto y así minimizar el tiempo que se tarda en trazar el diseño a mano que puede variar de 10 minutos a 25 minutos dependiendo la complejidad del diseño.

- La empresa debe realizar cambios en su planta física. Actualmente está presenta una organización deficiente que le genera obstáculos en las rutas de tránsito, y a su vez podría producir demoras en el proceso. Además, el almacenamiento del material (tubos, platinas, varillas, láminas de aluminio) no es el más apropiado, puesto que parte de este se encuentra ubicado en el piso de la bodega, incurriendo en un riesgo de presentarse un accidente de trabajo, por esta razón se propone ordenar el material, algunos puestos de trabajo y residuos.

  Al comparar la planta actual (Anexo O) con la propuesta (Anexo S). El área de corte se junta al área de trazado eliminando un transporte innecesario que estaba incurriendo el proceso. Se elimina el área de diseño, pues este dejará de ser un proceso manual y pasará a ser realizado digitalmente mediante el uso de un programa de diseño, como se menciona en el punto anterior. Se divide el cuarto de herramientas en dos para formar un vestidor y una oficina que almacenara todo el nuevo contenido digital en un computador (diseños de estructuras, órdenes de fabricación, historiales de compra, inventarios, etc.).

  Para resolver la problemática del material ubicado en el suelo se construirá un cantiléver (Anexo Q) con dimensiones de 2 metros de alto por 1.20 metros de ancho y 5 metros de profundidad, con 5 módulos para almacenamiento de varillas, platina y tubos, con dos pestañas en sus costados de 26 centímetros con una inclinación de 20° para almacenar láminas de aluminio calibre 18 in y 20 in. También se propone la construcción de un cuarto de 3x4 metros para el almacenamiento de material pequeño, que se encontraba en el antiguo cuarto de herramientas. Así mismo, se sugiere el remplazo del techo actual por uno que cuente con una altura de 5.25 metros y un ancho de 12 metros (Anexo R) con el fin de cubrir el área de producción del taller; cabe resaltar que la finalidad de este techo es trasladar los cables de alta tensión que se encuentran en el interior del taller a la parte superior del techo con el motivo de evitar futuros accidente. Por otro lado, se propone el recubrimiento de la superficie del taller con asfalto, con el objetivo de que el piso este nivelado y sea más fácil limpiarlo. Finalmente se aconseja la fabricación de un

contenedor de 2 metros de ancho por 1.70 metros de profundidad, para almacenar todo el material sobrante del área de corte que puede ser reutilizado y ubicado en un costado del nuevo almacén de material pequeño.

- Una vez realizada la reestructuración física del área de producción es importante realizar una pequeña organización de los puestos de trabajo, esta se llevará a cabo de la siguiente manera. Primero, se liberará el espacio gravitacional del operario, como se mencionó anteriormente de cualquier material que pueda dificultar su movilidad. Una vez despejado el espacio se cubrirá la superficie del puesto con tapete de alto impacto, para evitar que cuando una herramienta o parte del material haga contacto con el suelo este no se agriete por el golpe. Por otro lado, se separará el puesto de trabajo de la pared a una distancia de 1.8 metros, con la finalidad de que el operario pueda rodear la mesa incluso si existe una estructura que sobre salga de esta. También, se implementará un panel de herramientas para que el operario pueda almacenar y tomar cualquier herramienta de manera rápida sin tener la necesidad de parar la operación que esté haciendo para buscarla (Figura 4). Además de esto se debe realizar la demarcación de las zonas de tránsito, puestos de trabajo, lugar de herramientas, determinar salidas de emergencia, realizar la instalación de los extintores y determinar las zonas de alto peligro. para evitar pérdidas y accidentes laborales.

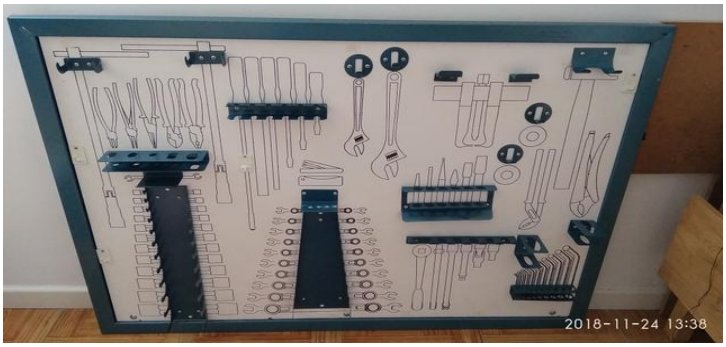



**Figura 4. Panel de herramientas. (Autor)**

- La empresa debe equipar al personal con la dotación necesaria para llevar a cabo su labor sin sufrir ningún riesgo de salir heridos. También debe implementar reglas y sanciones como forma de controlar que este equipo sea usado al momento de realizar el trabajo. Los equipos para entregar son:
  - Mascara antigases
  - Careta para esmeril
  - Capucha
  - Tapa oídos
  - Casacas de cuero
  - Botas de cuero tipo soldador
  - Delantal de cuero
  - Overol

  Si se llevan a cabo estas propuestas se lograrán disminuir tiempos improductivos y mejorar la producción de la empresa; además se lograrán determinar con mayor facilidad pérdidas de material o de tiempo en mano de obra durante el proceso.

- Evaluar:

Después de concluir con la fase de creación del nuevo método propuesto, se debe evaluar su eficiencia o su ahorro por medio de un cursograma analítico y un diagrama de recorrido, a fin de comparar el método antiguo con el propuesto.

Para poder comparar el método actual con el método propuesto se realizaron 4 cursogramas analíticos (anexos T-W ), en estos se describen los elementos involucrados en la mejora, junto con los posibles tiempos y distancias que se esperan obtener con el cambio, después de recopilar esta información en la tabla se procede a completar el apartado de resumen aquí se realiza la comparación del método actual con el propuesto analizando las diferencias que existen en la cantidad de operaciones y transportes que el proceso realiza, junto con el tiempo que gasta en realizarlo y la distancia recorrida para culminar el proceso. Esto permite al analista obtener un valor hipotético del ahorro que tendrá el proceso si se aplica el método propuesto.

Utilizando la información recopilada en los cursogramas analíticos, se realizó un diagrama de recorrido del método propuesto (Anexo X) para la elaboración de puertas-ventanas (recorrido 1) y escaleras-rejas (recorrido 2) con el propósito de examinar de manera gráfica los cambios en el proceso. En este se evidencia si comparamos el diagrama actual (figura 2) con el propuesto, que el recorrido uno ya no requiere realizar el transporte del área de trazado al área de corte y del área de corte al área de dobles ahorrándose una distancia aproximada de 10 metros por proceso como se evidencio en los cursogramas analíticos, de igual manera se puede observar que el recorrido 2 ya no requiere cortar los materiales para la estructura y diseño por separado lo que elimina una operación del proceso y un traslado corto pero constante del operario al área de herramientas.

- Definir el nuevo método:

Una vez realizado el análisis de la propuesta de mejora es importante que el nuevo método a utilizar sea definido cuidadosamente, según (kanawaty, 1996) “esto se realiza por varios propósitos como dejar constancia del método perfeccionado, facilitar la formación o readaptación de los operarios y para usarse como explicación del nuevo método a la dirección, capataces u operarios interesados” (P.163).

Para dejar constancia del nuevo método se realizaron diagramas de procesos para puertas, ventanas, escaleras y rejas (Anexo Y-BB), teniendo como referencia los cursogramas analíticos para la mejora realizados anteriormente. Estos diagramas de procesos se utilizarán para la capacitación del método si el taller decide implementarlo, ya que estos

contienen una representación de los pasos que deben cumplir los operarios para realizar un proyecto, además del tiempo y distancia que el operario debería tardarse en finalizar cada actividad.

- Implementar y controlar:

La implementación y control del nuevo elemento es una de las fases más difíciles del estudio, ya que depende de los dotes de convencimiento del analista y la colaboración de los directivos de la empresa.

Según (kanawaty, 1996) La implementación del nuevo método puede subdividirse en cinco fases:

- Obtener la aprobación de la dirección.
- Conseguir que acepte el cambio el jefe del departamento o del taller.

(En este punto si estas dos etapas no son aceptadas es inútil empeñarse en seguir adelante con la implementación).

- Conseguir que acepten el cambio los operarios interesados.
- Enseñar el nuevo método a los trabajadores.
- Controlar de cerca la marcha del trabajo hasta tener la seguridad de que se ejecuta como estaba previsto. (Pag.176)

Al momento de presentar los resultados del estudio a metálicas Vásquez el jefe del taller no se vio muy convencido de los resultados hipotéticos obtenidos, ya que no estaba seguro si el nuevo método iba reaccionar de la misma manera al adaptarlo a la realidad, por esta razón solicito que se realizara una prueba del nuevo método aplicándolo a un pedido de ventanas, para poder evaluar su eficiencia al comparar el método actual con el propuesto.

### 2.1.2 Estudio de tiempos:

Se llevarán a cabo dos estudios de tiempos aplicados a un producto específico, en este caso una ventana ornamentada con el propósito de cuantificar el tiempo que invierte un trabajador en llevar acabo el producto antes y después de aplicar de manera parcial la propuesta mencionada anteriormente, con el objeto de verificar que tan eficiente puede llegar hacer el método propuesto.

Para el desarrollo de los estudios de tiempos se estudiará, aplicará y cuantificará las técnicas de toma de tiempos, tiempo normal y tiempo estándar para determinar, el tiempo y las cantidades de producto que los operarios pueden llegar a fabricar en una jornada de trabajo.

- Toma de tiempos:

La toma de tiempos consistió en la recopilación de los tiempos que tardan los operarios en elaborar un producto, con el objetivo de determinar su tiempo estándar de producción. Este estudio de tiempos se aplicará a un producto específico del taller (ventanas ornamentadas) teniendo en consideración tamaños y diseños similares para no presentar variaciones importantes en la obtención del tiempo estándar del proceso.

Para el desarrollo del estudio se simplificarán las actividades del proceso en elementos para facilitar la observación, medición y análisis, además de delimitar las tareas realizadas por los operarios, ya que en el proceso ocurren actividades simultáneas que no permiten al analista tomar tiempos separados, estas se describen en la hoja maestra de operación (anexo CC-EE) donde se encuentra la información necesaria para identificar el estudio, un croquis del lugar del trabajo, las condiciones del trabajo, el ciclo del trabajo y los elementos que se tuvieron en cuenta para la toma de tiempos con su respectiva descripción, condición de inicio y finalización .

Después de redactar los elementos de cada proceso se utilizará un cronometro utilizando el método de vuelta a cero, que según (Niebel & Freivalds, 2009) "Es un método que permite registrar de inmediato los elementos que el operario ejecuta en desorden sin una notación especial y consiste en tomar los tiempos directamente al elemento y no parar hasta que este allá finalizado; en ese momento el contador del cronometro volverá a cero poniéndolo de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente, esto provoca que el tiempo observado (To) sea igual que el tiempo cronometrado (Tc)" (P.337).

Una vez se decide el método de cronometraje se procede a tomar 6 observaciones preliminares con el objetivo de hallar el número de observaciones totales para el estudio utilizando un método estadístico que según (kanawaty, 1996) "Es un método que consiste en determinar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deben efectuarse para cada elemento, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminado, para este método se debe realizar un cierto número de observaciones preliminares (n´) y luego aplicar la formula figura (5) para un nivel de confianza de 95, 45 por ciento y un margen de error de más o menos 5 por ciento, si el valor de n´ obtenido es superior a las observaciones preliminares se deben realizar las observaciones faltantes hasta completar el valor de n, si este es inferior las observaciones tomadas son suficientes para continuar con el estudio" (P.300).

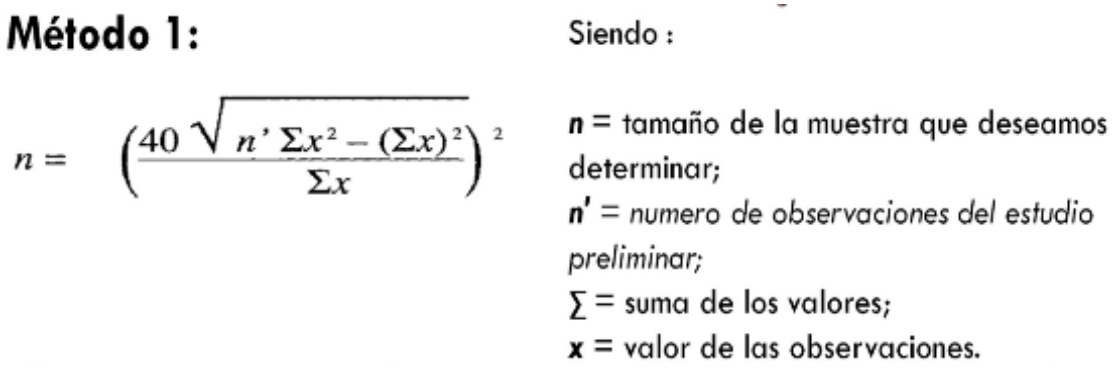



**Figura 5.Formula Método Estadístico. Autor (Niebel & Freivalds, 2009)**

Una vez tomadas las 6 observaciones se procede a hallar el número de observaciones totales que se deben realizar para cada elemento estudiado. Utilizando la formula mencionada anteriormente, se obtuvo para cada elemento un valor de n que no supera el valor de las observaciones preliminares, como se muestra en la tabla (2) esto quiere decir que las 6 observaciones hechas son suficientes para continuar con el estudio de tiempos.

| OPERACIÓN | ELEMENTOS | | Observaciones (min) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | n |
| Elaboración de piezas | A | TC | 10,00 | 10,42 | 9,20 | 10,30 | 10,15 | 10,28 | 3 |
| | B | TC | 20,00 | 20,44 | 20,13 | 19,80 | 20,50 | 19,42 | 1 |
| | C | TC | 15,10 | 15,38 | 14,42 | 15,30 | 15,00 | 15,32 | 1 |
| | D | TC | 20,00 | 20,42 | 19,77 | 18,80 | 20,50 | 21,00 | 2 |
| Ensamble de estructura | A | TC | 29,98 | 30,33 | 30,17 | 28,67 | 30,25 | 30,00 | 1 |
| | B | TC | 30,00 | 30,25 | 29,50 | 30,70 | 29,90 | 28,90 | 1 |
| | C | TC | 21,00 | 22,60 | 20,90 | 21,50 | 22,30 | 21,00 | 2 |
| Acabado final | A | TC | 15,17 | 16,08 | 15,00 | 15,47 | 15,15 | 13,92 | 3 |
| | B | TC | 10,30 | 10,08 | 9,75 | 10,63 | 10,48 | 9,80 | 2 |
| | C | TC | 14,97 | 15,37 | 15,03 | 16,35 | 15,03 | 14,03 | 3 |

**Tabla 2 Tabla de observaciones. (Autor)**

- Tiempo normal:

Ya obtenidos los tiempos observados del proceso (To), se procede a establecer el tiempo normal que requiere cada operario calificado para realizar cada elemento. Este se determina asignando una valoración (V) a cada To, valoración que según (kanawaty, 1996) "Es la calificación utilizada para valorar el ritmo del trabajador y consiste en comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo tipo (ritmo normal del trabajador al realizar su labor) que el analista sea formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados cuando utilizan el método que corresponde." (P.310). Sabiendo esto se utilizará en el estudio la tabla (3) para valorar el ritmo de trabajo de los operarios durante la realización de los elementos, donde la puntuación de 100 corresponde al ritmo tipo del trabajador y la puntuación de 95 y 105 a las variaciones de actitud y velocidad evidenciadas durante la toma de tiempos.

| VALORACION | | |
|---|---|---|
| **BAJO** | 95 | Constante, resuelto, sin prisa; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo |
| **NORMAL O VALOR TIPO** | 100 | Activo, capaz; logra con tranquilidad el nivel de calidad y |
| **RAPIDO** | 105 | Muy rapido; el operario actua con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos. |

**Tabla 3. Tabla de Valoración. Autor (kanawaty, 1996)**

Una vez valorados todos los tiempos observados se procede a calcular el tiempo normal o tiempo básico del estudio este se calcula aplicando la fórmala de la figura (6) a cada observación y valoración tomada.

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Valor atribuido}}{\text{Valor tipo}} = \text{Tiempo básico}$$

**Figura 6. Formula del Tiempo Normal. Autor (kanawaty, 1996)**

Habiendo determinado el tiempo normal (Tn), se procede a calcular el tiempo normal para cada elemento (TN) el cual se toma como el promedio de cada Tn. El tiempo normal total de producción es la suma de cada TN, que para el caso de estudio actual se obtuvo como resultado para la elaboración de una ventana, un tiempo de 187,25 minutos, como se puede observar en la tabla (4).

| OPERACIÓN | ELEMENTOS | | Observaciones (min) | | | | | | | | | | | | | | | | | | TN/VEZ | O FATIGA (%) | SV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | | | |
| | | | C | V | Tn | C | V | Tn | C | V | Tn | C | V | Tn | C | V | Tn | C | V | Tn | | | |
| Elaboración de piezas | A | Tc | 10 | 100 | 10,00 | 10,42 | 95 | 9,90 | 9,2 | 105 | 9,66 | 10,3 | 95 | 9,79 | 10,15 | 95 | 9,64 | 10,28 | 95 | 9,77 | 9,79 | 15% | 1,47 |
| | B | Tc | 20 | 100 | 20,00 | 20,44 | 95 | 19,42 | 20,13 | 95 | 19,12 | 19,8 | 100 | 19,80 | 20,5 | 95 | 19,48 | 19,42 | 105 | 20,39 | 19,70 | 20% | 3,94 |
| | C | Tc | 15,1 | 100 | 15,10 | 15,38 | 95 | 14,61 | 14,42 | 105 | 15,14 | 15,3 | 100 | 15,30 | 15 | 100 | 15,00 | 15,32 | 100 | 15,32 | 15,08 | 21% | 3,17 |
| | D | Tc | 20 | 100 | 20,00 | 20,42 | 100 | 20,42 | 19,77 | 100 | 19,77 | 18,8 | 105 | 19,74 | 20,5 | 100 | 20,50 | 21 | 95 | 19,95 | 20,06 | 17% | 3,41 |
| Ensamble de estructura | A | Tc | 29,98 | 105 | 31,48 | 30,33 | 100 | 30,33 | 30,17 | 100 | 30,17 | 28,67 | 105 | 30,10 | 30,25 | 100 | 30,25 | 30 | 100 | 30,00 | 30,39 | 37% | 11,24 |
| | B | Tc | 30 | 100 | 30,00 | 30,25 | 100 | 30,25 | 29,5 | 105 | 30,98 | 30,7 | 95 | 29,17 | 29,9 | 100 | 29,90 | 28,9 | 105 | 30,35 | 30,11 | 27% | 8,13 |
| | C | Tc | 21 | 105 | 22,05 | 22,6 | 95 | 21,47 | 20,9 | 105 | 21,95 | 21,5 | 100 | 21,50 | 22,3 | 95 | 21,19 | 21 | 100 | 21,00 | 21,53 | 54% | 11,62 |
| Acabado final | A | Tc | 15,17 | 100 | 15,17 | 16,08 | 95 | 15,28 | 15 | 100 | 15 | 15,47 | 100 | 15,47 | 15,15 | 100 | 15,15 | 13,92 | 105 | 14,62 | 15,11 | 42% | 6,35 |
| | B | Tc | 10,3 | 100 | 10,30 | 10,08 | 100 | 10,08 | 9,75 | 105 | 10,24 | 10,63 | 100 | 10,63 | 10,48 | 95 | 9,96 | 9,8 | 105 | 10,29 | 10,25 | 18% | 1,84 |
| | C | Tc | 14,97 | 105 | 15,72 | 15,37 | 100 | 15,37 | 15,03 | 100 | 15,03 | 16,35 | 95 | 15,53 | 15,03 | 100 | 15,03 | 14,03 | 105 | 14,73 | 15,24 | 25% | 3,81 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL TN | | | 187,25 | Total SV | 54,98 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | SNP/vez (6%) | | | 11,24 | | |

**Tabla 4. Tabla de Resultados. (Autor)**

- Tiempo estándar:

Una vez calculado el tiempo normal de producción se procede a calcular el tiempo estándar, este tiempo es el resultado de la suma del tiempo normal con los misceláneos que son elementos que no aparecen en cada ciclo de trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares, normalmente se le asignan un porcentaje no mayor al 5%. Los suplementos por descanso son otro componente en la suma del tiempo estándar y consiste en el tiempo que se prevé para compensar las interrupciones, demoras y disminuciones en el ritmo de trabajo causadas por la fatiga de los operarios; estos se dividen en dos:

- Suplementos por necesidades personales (SNP): "Las necesidades personales incluyen las interrupciones del trabajo para mantener el bienestar general del empleado; entre los ejemplos están los viajes para beber agua e ir al sanitario. Las condiciones generales de trabajo y la clase de tarea afectan el tiempo necesario de las demoras personales. No existe una base científica para asignar un porcentaje numérico; sin embargo, la verificación detallada de la producción ha demostrado que una holgura de 5% para tiempo personal, o cerca de 24 minutos en 8 horas, es adecuada para condiciones de trabajo de un taller típico. Lazarus (1968) reportó que en 235 plantas de 23 industrias la holgura personal oscila entre 4.6 y 6.5%. Por lo tanto, la cifra de 5% parece ser adecuada para la mayoría de los trabajadores" (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 367) .

  Para este estudio se consideró como suplemento por necesidades personales un porcentaje del 6% del tiempo normal, lo que se traduce como un tiempo aproximado de 23 min en 8 horas de trabajo.

- Suplementos variables (SV): "Se añaden cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas; por ejemplo, cuando las condiciones ambientales son malas y no se pueden mejorar, cuando aumentan el esfuerzo y la tensión para ejecutar una determinada tarea, etc." (kanawaty, 1996, pág. 339).

  Para este estudio se consideraron los suplementos variables que se pueden determinar utilizando tablas de tensiones relativas (Anexo FF) y tablas de conversión de puntos (Anexo GG) encontradas en el apéndice número 3 de (kanawaty, 1996, pág. 501), el análisis se realizó de la siguiente manera:

  1. Determinar para el elemento de trabajo en estudio, el grado de tensión impuesta consultando el grado que corresponda en la tabla de tensión.
  2. Asignar puntos según lo indicado en dichas tablas y determinar el total de puntos para las tensiones impuestas en la ejecución del elemento de trabajo.

3. Extraer de la tabla de conversión de puntos el suplemento por variables apropiado.

Los resultados obtenidos de esta consulta se encuentran agrupados en la tabla (6) donde se puede observar el nivel de esfuerzo y la puntuación dada para cada tipo de tensión. Después de haber hallado el porcentaje del suplemento de cada elemento, se procede a calcular su respectivo tiempo multiplicando el tiempo normal por dicho porcentaje como se muestra en la tabla (4), por último se realiza una suma de todos los tiempos de los suplementos variables con el motivo de obtener el suplemento variable total del ejercicio que es aproximadamente 54.98 min.

Ya calculados todos estos complementos podemos realizar su respectiva suma como se muestra en la tabla (5), donde podemos afirmar que el tiempo estándar para la realización de ventanas ornamentadas es de 262.8 minutos. Al relacionar el tiempo real que dispone un trabajador en su turno con el tiempo estándar, se concluye que este puede realizar solo 2 unidades por turno de trabajo.

| TIEMPO ESTANDAR | |
|---|---|
| TIEMPO NORMAL | 187,3 |
| Suplemento necesidad personal | 11,24 |
| Suplementos variables | 54,98 |
| Miscelaneos (5%) | 9,363 |
| TIEMPO ESTANDAR | 262,8 |

| | |
|---|---|
| Tiempo de turno | 480 |
| Tiempo de cambio de ropa | 20 |
| Tiempo real de turno | 460 |
| Produccion esperada por turno | 2 |

**Tabla 5. Tiempo estándar. (Autor)**

| TIPO DE TENSION | SUPLEMENTO POR DESCANSO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Elaboracion de piezas | | | | | | | | Ensamble de estructura | | | | | | Acabado final | | | | | |
| | Elemento A | | Elemento B | | Elemento C | | Elemento D | | Elemento A | | Elemento B | | Elemento C | | Elemento A | | Elemento B | | Elemento C | |
| | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos | Esfuerzo | Puntos |
| **A. Tension fisica** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fuerza Media (Kg) | Bajo | 0 | Bajo | 3 | Mediano | 5 | Mediano | 3 | Mediano | 10 | Bajo | 5 | Mediano | 20 | Mediano | 20 | Bajo | 10 | Bajo | 10 |
| Postura | Bajo | 3 | Bajo | 5 | Mediano | 8 | Bajo | 5 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Baja | 5 | Bajo | 5 | Bajo | 5 |
| Vibraciones | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 2 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Mediano | 5 | Bajo | 4 | Alto | 11 | Bajo | 0 | Bajo | 0 |
| Ciclo Breve | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Baja | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 |
| Ropa molesta | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Baja | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 |
| **B. Tension mental** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Concentracion/ansiedad | Bajo | 4 | Alto | 11 | Mediano | 7 | Mediano | 5 | Mediano | 9 | Mediano | 5 | Mediano | 9 | Mediano | 6 | Bajo | 4 | Bajo | 4 |
| Monotonia | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Baja | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 |
| Tension visual | Bajo | 5 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Alto | 12 | Mediano | 6 | Alto | 15 | Mediano | 7 | Bajo | 5 | Bajo | 5 |
| Ruido | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Mediano | 5 | Mediano | 5 | Mediano | 7 | Mediano | 7 | Bajo | 0 | Bajo | 2 |
| **C. Tension fisica condiciones de trabajo** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperatura/humedad | Bajo | 3 | Bajo | 3 | Bajo | 3 | Bajo | 3 | Bajo | 3 | Bajo | 3 | Bajo | 3 | Baja | 3 | Bajo | 3 | Bajo | 3 |
| Ventilacion | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 | Mediano | 6 |
| Emanacion de gases | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Mediano | 8 | Bajo | 0 | Mediano | 8 | Baja | 3 | Bajo | 0 | Alto | 10 |
| Polvo | Mediano | 4 | Mediano | 4 | Mediano | 4 | Mediano | 4 | Mediano | 7 | Mediano | 7 | Mediano | 7 | Mediano | 4 | Bajo | 0 | Bajo | 3 |
| Suciedad | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Bajo | 2 | Mediano | 3 | Mediano | 5 | Mediano | 3 | Mediano | 3 | Bajo | 2 | Bajo | 2 |
| Presencia de agua | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 | Baja | 0 | Bajo | 0 | Bajo | 0 |
| **Puntos totales** | 29 | | 42 | | 45 | | 36 | | 71 | | 55 | | 90 | | 77 | | 37 | | 52 | |
| **% de suplemento** | 15% | | 20% | | 21% | | 17% | | 37% | | 27% | | 54% | | 42% | | 18% | | 25% | |

**Tabla 6. Tabla de suplementos (Autor)**

- Mejora:

Como se mencionó anteriormente se realizará de manera parcial un ejercicio para implementar en el taller las mejoras propuestas en la instalación y puesto de trabajo durante un periodo de dos meses con el propósito de evaluar la eficiencia de la propuesta comparando el tiempo estándar del estudio antes y después de aplicar el ejercicio.

Este estudio de tiempos fue realizado tomando en cuenta las mismas condiciones del estudio anterior, esto quiere decir que se someterá a los mismos operarios, producto (Ventana ornamentada), elementos, métodos de recolección, valoraciones, misceláneos y suplementos. Con el objeto de que el resultado solo arroje diferencias debido a los cambios hechos por la propuesta de mejora.

El ejercicio consistió en primera instancia en despejar todos los objetos que dificultaban la movilidad del trabajador en el puesto de trabajo, tales como estantes, cajones de madera y sillas. Luego, se aseguró que la mesa de trabajo estuviera separada de la pared a una distancia de 1.8 metros, con el objetivo de garantizar el espacio gravitacional del trabajador sin que este toque la estructura. Posteriormente, se solicitó a un taller cercano un panel de herramientas en calidad de préstamo, para almacenar cada herramienta que el trabajador utilizaría durante su jornada laboral; además, se señaló con una tiza el respectivo lugar de estas, para evitar que el trabajador coloque la pieza en un lugar diferente como se muestra en la figura 8. También sirve como forma de alerta al jefe del taller de que alguna pieza se haya perdido.

Seguidamente, se organizó de manera parcial todo el material que se encontraba en el piso en el pequeño cantiléver que posee el taller actualmente; ya con el espacio despejado se procedió a trasladar la zona de herramientas a la parte central del taller y el área de corte cerca del área de trazado tal como se muestra en el anexo S.

Por último, se realizó la toma de tiempos utilizando los elementos de los anexos (HH-JJ), con los que se realizaron 6 observaciones preliminares para hallar el número de observaciones que se deben tomar en el estudio. Utilizando la fórmula de la figura (5), se pudo concluir que el elemento C de la operación de realización de piezas y los elementos A y B de la operación de acabados, requieren la toma de 4 y 3 observaciones más para que estas cumplan con el nivel de confianza del 95,40% como se puede observar en la tabla (7).

| OPERACIÓN | ELEMENTOS | | Observaciones (min) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | n |
| Elaboración de piezas | A | TC | 9,33 | 10,50 | 9,20 | 10,33 | 10,00 | 11,00 | 6 |
| | B | TC | 20,25 | 20,10 | 20,62 | 19,47 | 20,53 | 19,70 | 1 |
| | C | TC | 18,20 | 15,00 | 15,03 | 14,30 | 15,50 | 15,00 | 10 |
| | D | TC | 21,00 | 20,20 | 19,83 | 19,00 | 20,53 | 21,00 | 2 |
| Ensamble de estructura | A | TC | 27,70 | 28,25 | 28,43 | 28,53 | 27,42 | 28,13 | 0 |
| | B | TC | 26,70 | 25,15 | 25,80 | 25,70 | 23,20 | 24,70 | 3 |
| | C | TC | 16,50 | 18,30 | 16,50 | 17,20 | 17,00 | 17,30 | 2 |
| Acabado final | A | TC | 15,42 | 17,75 | 15,20 | 15,00 | 14,82 | 14,08 | 9 |
| | B | TC | 10,47 | 11,58 | 9,37 | 11,13 | 10,47 | 9,67 | 9 |
| | C | TC | 15,97 | 15,03 | 17,32 | 15,60 | 14,75 | 14,60 | 6 |

**Tabla 7. Tabla de observaciones mejora. (Autor)**

Una vez realizadas las observaciones faltantes se debe aplicar la formula nuevamente en estos elementos, con el fin de confirmar que el valor de n no aumente de nuevo, si este valor aumenta se deben tomar los nuevos tiempos requeridos pero si este es menor los tiempos tomados son suficientes para continuar el ejercicio. En la tabla (8) podemos observar que el valor de n es menor que las observaciones tomadas por esta razón se continua con el hallazgo del tiempo normal para cada elemento estudiado.

| OPERACIÓN | ELEMENTOS | | Observaciones (min) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | n |
| Elaboración de piezas | A | TC | 9,33 | 10,50 | 9,20 | 10,33 | 10,00 | 11,00 | | | | | 6 |
| | B | TC | 20,25 | 20,10 | 20,62 | 19,47 | 20,53 | 19,70 | | | | | 1 |
| | C | TC | 18,20 | 15,00 | 15,03 | 14,30 | 15,50 | 15,00 | **15,48** | **14,53** | **15,42** | **14,5** | 8 |
| | D | TC | 21,00 | 20,20 | 19,83 | 19,00 | 20,53 | 21,00 | | | | | 2 |
| Ensamble de estructura | A | TC | 27,70 | 28,25 | 28,43 | 28,53 | 27,42 | 28,13 | | | | | 0 |
| | B | TC | 26,70 | 25,15 | 25,80 | 25,70 | 23,20 | 24,70 | | | | | 3 |
| | C | TC | 16,50 | 18,30 | 16,50 | 17,20 | 17,00 | 17,30 | | | | | 2 |
| Acabado final | A | TC | 15,42 | 17,75 | 15,20 | 15,00 | 14,82 | 14,08 | **15,32** | **15,13** | **14,25** | | 7 |
| | B | TC | 10,47 | 11,58 | 9,37 | 11,13 | 10,47 | 9,67 | **10,32** | **10,45** | **9,8** | | 6 |
| | C | TC | 15,97 | 15,03 | 17,32 | 15,60 | 14,75 | 14,60 | | | | | 6 |

**Tabla 8. Tabla de Observaciones complementaria. (Autor)**

Utilizando la tabla (5), se le asigna una valoración a cada tiempo observado, una vez realizado esto se procede a calcular el tiempo normal para cada elemento utilizando la formula en la Figura (6).

Analizando los resultados de la tabla (9) podemos observar una mejora preliminar de 2 a 4 minutos en los elementos correspondientes al ensamble de la estructura y un tiempo normal promedio de 178.01 minutos para la elaboración de una ventana.

| OPERACIÓN | ELEMENTOS | | Observaciones (min) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TN/VEZ | TO FATIGA (%) | SV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | | 8 | | | 9 | | | 10 | | | | | |
| | | | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | C | V | TN | | | |
| Elaboración de piezas | A | Tc | 9,33 | 105 | 9,80 | 10,5 | 100 | 10,50 | 9,2 | 105 | 9,66 | 10,33 | 100 | 10,33 | 10 | 100 | 10,00 | 11 | 95 | 10,45 | | | | | | | | | | | | | | 10,12 | 15% | 1,52 |
| | B | Tc | 20,25 | 100 | 20,25 | 20,1 | 100 | 20,10 | 20,62 | 95 | 19,59 | 19,47 | 105 | 20,44 | 20,53 | 100 | 20,53 | 19,7 | 105 | 20,69 | | | | | | | | | | | | | | 20,27 | 20% | 4,05 |
| | C | Tc | 18,2 | 95 | 17,29 | 15 | 100 | 15,00 | 15,03 | 100 | 15,03 | 14,3 | 105 | 15,02 | 15,5 | 100 | 15,50 | 15 | 100 | 15,00 | 15,48 | 100 | 15,48 | 14,53 | 100 | 14,53 | 15,42 | 100 | 15,42 | 14,47 | 105 | 15,19 | 15,35 | 21% | 3,22 |
| | D | Tc | 21 | 105 | 22,05 | 20,2 | 100 | 20,20 | 19,83 | 105 | 20,82 | 19 | 105 | 19,95 | 20,53 | 100 | 20,53 | 21 | 95 | 19,95 | | | | | | | | | | | | | | 20,58 | 17% | 3,50 |
| Ensamble de estructura | A | Tc | 27,7 | 105 | 29,09 | 28,25 | 100 | 28,25 | 28,43 | 100 | 28,43 | 28,53 | 95 | 27,10 | 27,42 | 105 | 28,79 | 28,13 | 100 | 28,13 | | | | | | | | | | | | | | 28,30 | 37% | 10,47 |
| | B | Tc | 26,7 | 95 | 25,37 | 25,15 | 100 | 25,15 | 25,8 | 95 | 24,51 | 25,7 | 95 | 24,42 | 23,2 | 105 | 24,36 | 24,7 | 105 | 25,94 | | | | | | | | | | | | | | 24,96 | 27% | 6,74 |
| | C | Tc | 16,5 | 105 | 17,33 | 18,3 | 95 | 17,39 | 16,5 | 105 | 17,33 | 17,2 | 100 | 17,20 | 17 | 100 | 17,00 | 17,3 | 100 | 17,30 | | | | | | | | | | | | | | 17,26 | 54% | 9,32 |
| Acabado final | A | Tc | 15,42 | 100 | 15,42 | 17,75 | 95 | 16,86 | 15,2 | 100 | 15,20 | 15 | 100 | 15,00 | 14,82 | 100 | 14,82 | 14,08 | 105 | 14,78 | 15,32 | 100 | 15,32 | 15,13 | 100 | 15,13 | 14,25 | 105 | 14,96 | | | | 15,28 | 42% | 6,42 |
| | B | Tc | 10,47 | 100 | 10,47 | 11,58 | 95 | 11,00 | 9,37 | 105 | 9,84 | 11,13 | 95 | 10,57 | 10,47 | 100 | 10,47 | 9,67 | 105 | 10,15 | 10,32 | 100 | 10,32 | 10,45 | 100 | 10,45 | 9,8 | 105 | 10,29 | | | | 10,40 | 18% | 1,87 |
| | C | Tc | 15,97 | 95 | 15,17 | 15,03 | 100 | 15,03 | 17,32 | 95 | 16,45 | 15,6 | 100 | 15,60 | 14,75 | 105 | 15,49 | 14,6 | 105 | 15,33 | | | | | | | | | | | | | | 15,51 | 25% | 3,88 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL TN | | 178,01 | Total SV | 50,99 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | SNP/vez (6%) | | 10,68 | | |

**Tabla 9 Tabla de resultados mejora. (Autor)**

Finalmente, se procede a calcular el tiempo estándar utilizando los misceláneos, suplementos de necesidad personal como se muestra en la tabla (9) y los suplementos variables registrados en la tabla (6) y calculados en la tabla (10), obteniendo de esta manera el tiempo estándar para la realización de ventanas ornamentadas después de la mejora con un valor de 248.58 minutos.

| TIEMPO ESTANDAR | |
|---|---|
| TIEMPO NORMAL | 178,01 |
| Suplemento necesidad personal | 10,68 |
| Suplementos variables | 50,99 |
| Miscelaneos (5%) | 8,90 |
| TIEMPO ESTANDAR | 248,58 |

| | |
|---|---|
| Tiempo de turno | 480 |
| Tiempo de cambio de ropa | 20 |
| Tiempo real de turno | 460 |
| Produccion esperada por turno | 2 |

**Tabla 10 Tiempo estándar mejora. (Autor)**

- Conclusión del estudio de tiempos:

Al comparar el tiempo estándar actual con el de la mejora, se puedo concluir que la propuesta presenta una diferencia de 14.22 minutos, lo que comprueba que el nuevo método logro disminuir satisfactoriamente el tiempo de producción tal como se estipulo en el tiempo estimado del estudio de métodos.

Después de verificar la eficiencia del nuevo método el jefe del taller decidió aplicar los cambios pequeños que no involucran gran inversión, como el traslado del área de corte, la organización del puesto de trabajo en el área de ensamble y la construcción del nuevo cantiléver. Pero en los cambios grandes que afectan la estructura física del taller no decidió aplicarlos, debido a que no cuenta con el dinero para realizar las adaptaciones, además que el establecimiento pertenece a un tercero que no es ajeno al taller. Pero se tendrá en consideración si este adquiere el establecimiento.

# 3. Capítulo programación y control de la producción.

En este capítulo se explicarán los diferentes métodos de programación y control de la producción, que se propondrán a metálicas vasquez con la finalidad de solucionar los diferentes problemas detectados durante el diagnostico operativo.

## 3.1 Sistema Productivo:

Antes de empezar cualquier programación y control de la producción es importante tener claras las consideraciones sobre el comportamiento de su sistema productivo, pues de sus características especificas se desprende la complejidad de su manejo.

En la empresa Metálicas Vásquez, se presenta un sistema intermitente que combina un sistema Job shop puesto que el recorrido de sus productos no sigue una misma secuencia cuando se realiza el corte y moldeo del diseño ornamental, y un sistema Flow shop desde el trazado de la lámina para productos como las puertas y ventanas o desde el área de ensamble para rejas y escaleras. La empresa produce una gran variedad de estilos en cada una de sus líneas que son renovados continuamente. Las ordenes de producción se basan en la solicitud del cliente.

## 3.2 Políticas de programación:

“Una política de programación es un conjunto de reglas y objetivos que guía al optimizador de la programación en sus decisiones” (Salesforce, 2017).

En la empresa de ornamentación Metálicas Vásquez no existen políticas de programación que permitan sincronizar la entrega de pedidos con el aprovisionamiento de materiales. De igual manera, no se utilizan reglas para establecer prioridades en la programación de la producción ocasionando periodos largos de fabricación e irregularidad en los ciclos de producción en algunos pedidos.

### 3.2.1 Aprovisionamiento de materiales:

“Los problemas de stock para una empresa de fabricación intermitente bajo pedidos no representan gran importancia ya que dependen de la determinación del tamaño del lote a fabricar” (Dominguez, 1995, pág. 119).

Para la empresa Metálicas Vasquez tener un inventario de materia prima representa un problema, debido a que es difícil determinar la cantidad exacta de material que se requerirá para un mes de producción, también por que la materia prima que este utiliza en sus proyectos como láminas de aluminio, platinas y barillas tienden a oxidarse con el tiempo si no se encuentran en ambientes secos, por estas razones metálicas vasquez realiza el aprovisionamiento de material cada vez que se inicia un proyecto. Este aprovisionamiento se hace de la siguiente manera:

1. Se crea un listado de los materiales que el proyecto requiere para su inicio, calculando las cantidades de material basándose en la solicitud del cliente y experiencias de proyectos realizados anteriormente.
2. Se realiza el pedido a un proveedor de confianza, en este punto vale la pena aclarar que metálicas vasquez solo compra materia prima a proveedores ubicados en la ciudad de Ibagué, esto provoca que el tiempo de reposición del material sea corto presentando un tiempo de demora en el aprovisionamiento de 1 hora a 3 horas dependiendo del recorrido del proveedor.

### 3.2.2 Entrega de pedidos:

En Metálicas vasquez la fecha de entrega de cada proyecto se determina por la experiencia de proyectos anteriores asignándole un tiempo no menor de 5 días hábiles, esto le permite al taller lidiar con demoras ocasionadas durante el proceso de fabricación. Pero si el proyecto es finalizado antes de cumplir el tiempo de entrega, el taller se comunica con el cliente para gestionar el traslado de la estructura para evitar la acumulación de proyectos terminados en el área de almacenamiento.

La entrega del proyecto se realiza a domicilio o en las instalaciones del taller después de que el trabajo haya cumplido con un periodo de secado de 8 horas, esto le garantiza al taller que los acabados realizados a la estructura estarán completamente terminados y listos para ser entregados.

### 3.2.3 Programación de la producción:

“La programación de la producción hace referencia al plan detallado de lo que va a hacerse en el corto plazo. Por “corto plazo” se entienden las siguientes dos a tres semanas” (Chase, Jacobs, & Anquilano, 2009).

En la empresa Metálicas Vásquez no se hace ningún tipo de programación debido a que la mayoría de los pedidos se realizan teniendo en cuenta la fecha de entrega más cercena sin

considerar el tamaño o la complejidad del proyecto, esto puede ocasionar los siguientes problemas:

1. Retraso en la entrega de pedidos.
2. Acumulación de producto terminado en el área de almacenamiento.
3. Paros en la producción de un pedido para realizar otro con una fecha de entrega próxima.

Con el objetivo de solucionar estos problemas se plantea la programación de la producción en el taller considerando la programación para talleres de producción intermitente.

"La programación para un taller de producción intermitente se considera universalmente como el problema más complejo y difícil de programación industrial. La complejidad deriva en que cada pedido puede requerir una secuencia de procesamiento diferente, de manera que la revisión del calendario debe de poder enfrentarse a la tremenda variación de secuencias, requerimientos de procesamiento, número de operaciones, etc." (Prado, 1992, pág. 127)

Con el objetivo de resolver la problemática planteada anteriormente se utilizará un modelo heurístico que permitirá programar la producción en secuencias de n tareas en m procesadores.

"Esta programación se presenta siempre que exista un conjunto de tareas esperando para ser ejecutadas en varios procesadores, en este caso el problema de programación es el de decidir cual tarea se efectúa primero, segundo y así sucesivamente; teniendo en cuenta que la secuencia influye directamente en el tiempo de programación de las tareas. El lapso de trabajo no es independiente de la secuencia" (Bedworth & Bailey, 1988, pág. 348). Para este tipo de programación existen dos tipos:

1. m procesadores en paralelo: Cada tarea debe entrar a un solo de los procesadores.
2. m procesadores en serie: Cada tarea debe entrar a cada procesador en el mismo orden.

Para su aplicación se debe definir el parámetro a optimizar en el sistema que puede ser el tiempo medio de flujo, demora media, demora máxima, minimizar el número de tareas tardías, minimizar la tardanza media, posteriormente se programa conforme a las reglas practicas predeterminadas.

Todas las tareas están disponibles al principio del periodo de programación y se debe conocer previamente el tiempo de procesamiento, fechas de entrega, grado de importancia, tiempo de preparación o demanda diaria para su correcta aplicación.

- Programación utilizando el algoritmo heurístico de Campbell, Duke y Smith (C.D.S)

Campbell, Duke y Smith propusieron una generalización de la regla de Johnson para m procesadores en serie que tiene como fin reducir los lapsos de trabajo, por este motivo antes de continuar con el método se explicara de manera breve el método de Jonhson que según (Chase, Jacobs, & Anquilano, 2009), "es un método heurístico que tiene como objetivo minimizar el tiempo de transito desde el comienzo del primer trabajo hasta el fin del ultimo. Esta regla consta de los pasos siguientes:

1. Se anota el tiempo de operación de cada trabajo en ambas maquinas.
2. Se elige el tiempo más breve.
3. Si el tiempo breve es para la primera máquina, se hace el primer trabajo; si es para la segunda se hace el trabajo al último. En caso de empate, se hace el trabajo en la primera máquina.
4. Se repite los pasos 2 y 3 con los restantes trabajos hasta completar la programación".

Continuando con la regla C.D.S su procedimiento tiene como idea usar una regla parecida a la de Jonhson para crear m-1 programas posibles y seleccionar el mejor de estos para implementarlo.

$$T(1,i,k) = \sum_{j=1}^{k} p_{ij}$$

$$T(2,i,k) = \sum_{j=M-k+1}^{M} p_{ij}$$

**Figura 7. Formulas regla C.D.S. Autor (Bedworth & Bailey, 1988, pág. 359)**

Con el propósito de explicar los pasos para la implementación de la regla C.D.S, se elaborará una programación para dos pedidos del taller a manera de ejemplo considerando tres parametros:

1. Se debe registrar el abastamiento de material 3 horas antes de que inicie el pedido a programar.
2. La programación se realizará bajo la regla "primero en llegar primero en entrar".
3. Cada trabajo terminado de un pedido debe cumplir con un periodo de secado no menor a 8 horas antes de ser entregado.

Los tiempos recolectados para este ejercicio se encuentran en la siguiente tabla.

| PEDIDO | TAREA | | TIEMPO (min) | | | FECHA DE ORDEN | HORA | FECHA DE INICIO | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | P1 | P2 | P3 | | | | |
| PEDIDO 1 | T1 | PUERTA ORNAMENTADA | 32 | 93 | 22 | 17/02/2019 | 3:00 P.M | 18/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | VENTANA ORNAMENTADA | 37 | 94 | 27 | | | | |
| | T3 | REJA ORNAMENTADA PARA PUERTA | 0 | 87 | 35 | | | | |
| | T4 | ESCALERA ORNAMENTADA | 0 | 98 | 40 | | | | |
| | T5 | VENTANA ORNAMENTADA | 35 | 90 | 20 | | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | REJA ORNAMENTADA | 0 | 97 | 40 | 18/02/2019 | 2:00 P.M | 19/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | PUERTA VENTANA | 32 | 90 | 20 | | | | |
| | T3 | VENTANAL ORNAMENTADO | 68 | 98 | 45 | | | | |
| | T4 | VENTANA ORNAMENTADA | 32 | 92 | 20 | | | | |

**Tabla 11. Tiempos de proceso. (Autor)**

Como se puede observar en la tabla 11, este ejemplo será aplicado a tres procesos (m=3), esto quiere decir que solo se tendrá que calcular dos veces el algoritmo de Johnson (K=1 y K=2) para cumplir con la regla del algoritmo C.D.S (K=m-1). Para calcular la primera secuencia cuando K=1 con la regla de Johnson se necesita crear dos máquinas ficticias utilizando las fórmulas de la figura 7 al aplicarlas estas dan como resultado los valores correspondientes a los procesos 1 y 3 como se muestra en la tabla 12. Después de haber reunido los datos se aplican los pasos de la regla de Jonhson expuesto anteriormente, obteniendo la secuencia T3-T4-T2-T1-T5 para el primer pedido y la secuencia T1-T3-T2-T4 para el segundo, como se muestra en el anexo (KK). Al obtener las secuencias se procede a registrar los tiempos de fabricación en un diagrama de inicio y finalización (Anexo LL) que permitirá obtener el tiempo de finalización (Ci), tiempo normal esperado (TNET) y el tiempo de espera del trabajo (TET), con el propósito de calcular el MAKESPAN o tiempo máximo de finalización y el tiempo promedio de espera de cada pedido.

Obteniendo para el pedido 1 un MAKESPAN de 8.03 horas con un tiempo promedio de espera de 3.08 horas por trabajo y para el pedido 2 un valor de MAKESPAN de 6.62 horas con un tiempo promedio de espera de 2.4 horas por trabajo.

| PEDIDO | TAREA | | TIEMPO (min) | | FECHA DE ORDEN | HORA | FECHA DE INICIO | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | P1 | P3 | | | | |
| PEDIDO 1 | T1 | PUERTA ORNAMENTADA | 32 | 22 | 17/02/2019 | 3:00 P.M | 18/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | VENTANA ORNAMENTADA | 37 | 27 | | | | |
| | T3 | REJA ORNAMENTADA PARA PUERTA | 0 | 35 | | | | |
| | T4 | ESCALERA ORNAMENTADA | 0 | 40 | | | | |
| | T5 | VENTANA ORNAMENTADA | 35 | 20 | | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | REJA ORNAMENTADA | 0 | 40 | 18/02/2019 | 2:00 P.M | 19/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | PUERTA VENTANA | 32 | 20 | | | | |
| | T3 | VENTANAL ORNAMENTADO | 68 | 45 | | | | |
| | T4 | VENTANA ORNAMENTADA | 32 | 20 | | | | |

**Tabla 12. Tiempos regla Johnson. (Autor)**

Para hallar la segunda secuencia cuando K=2 se repite el mismo proceso de k=1, hallando que los valores para las dos maquinas ficticias corresponden a la suma de los tiempos del

P2 con los procesos P1 y P3 como se muestra en la tabla 13, ya con los tiempos obtenidos se procede a calcular una vez mas la regla de Johnson dando como resultado la secuencia T3-T4-T2-T1-T5 para el primer pedido y la secuencia T1-T3-T4-T2 para el segundo como se muestra en el anexo (MM), de igual manera que para K=1 se procede a elaborar el diagrama de inicio y finalización (Anexo NN), dando como resultado un MAKESPAN de 8.03 horas con un tiempo promedio de espera de 3.08 horas por trabajo para el pedido 1 y un MAKESPAN de 6.62 horas con un tiempo promedio de espera de 2.4 horas por trabajo para el pedido 2.

Como los valores de MAKESPAN son iguales para K=1 y K=2 se puede aplicar cualquiera de estas dos secuencias a la producción del taller según la regla C.D.S

| PEDIDO | TAREA | | TIEMPO (min) | | FECHA DE ORDEN | HORA | FECHA DE INICIO | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | P1+P2 | P3+P2 | | | | |
| PEDIDO 1 | T1 | PUERTA ORNAMENTADA | 125 | 115 | 17/02/2019 | 3:00 P.M | 18/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | VENTANA ORNAMENTADA | 131 | 121 | | | | |
| | T3 | REJA ORNAMENTADA PARA PUERTA | 87 | 122 | | | | |
| | T4 | ESCALERA ORNAMENTADA | 98 | 138 | | | | |
| | T5 | VENTANA ORNAMENTADA | 125 | 110 | | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | REJA ORNAMENTADA | 97 | 137 | 18/02/2019 | 2:00 P.M | 19/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | PUERTA VENTANA | 122 | 110 | | | | |
| | T3 | VENTANAL ORNAMENTADO | 166 | 143 | | | | |
| | T4 | VENTANA ORNAMENTADA | 124 | 112 | | | | |

**Tabla 13. Sumatoria del tiempo para la segunda secuencia. (Autor)**

En conclusión al aplicar la regla C.D.S, se pudo sincronizar el abastecimiento de material con la entrega del pedido, programando la entrega del pedido 1 para el día 19 de febrero del 2019 si no se presenta ningún problema en el proceso.

- Políticas de producción.

Finalmente con el objetivo de sincronizar la entrega de pedidos con el aprovisionamiento de materiales, se elaborarán políticas de producción que facilitaran el desarrollo de futuras programaciones en el taller Metálicas Vásquez, las políticas son las siguientes:

1. Antes de programar cualquier pedido se debe solicitar con 3 horas de anticipación todo el material necesario para su elaboración.
2. Los pedidos se programarán utilizando el algoritmo C.D.S, teniendo en cuenta la regla practica “primero en llegar primero en entrar”.
3. Si se presenta algún retraso en la producción del pedido el trabajador encargado de la programación debe realizar los cambios pertinentes, dejando claro en el diagrama de Gantt el tiempo perdido por el retraso.

4. Cada pedido debe cumplir con un periodo de secado en el área de almacenamiento no menor a 8 horas.

## 3.3 Control de la producción:

Durante el diagnóstico operativo realizado al comienzo del proyecto se pudo destacar las debilidades que tiene el taller en el control de su producción, esto ocasiona que el taller no pueda obtener información oportuna sobre su proceso productivo, los gastos de material que tiene cada proyecto, los errores ocasionados por los trabajadores durante el desarrollo de su actividad, el tiempo que se tarda en ejecutar su operación, los metros cuadrados construidos, etc.

Por esta razón se desarrollará el control para la producción del taller. El control de la producción se define según (Voris, 1977) como "la tarea de coordinar las actividades productivas de acuerdo con los planes de producción, de tal forma que los programas preconcebidos puedan ser realizados con la máxima economía y eficiencia" (Pag.4).

Estos controles se adaptan al tipo de producción que se desarrolle en la empresa, en el caso de metálicas vasquez se puede definir como una fabricación bajo pedido o Make to order, "En este entorno el cliente tiene una gran influencia sobre el diseño del producto o servicio final. La compañía productora puede utilizar componentes estándar como materia prima, pero son muy diversas las formas en que dichos componentes se ensamblarán. En estos entornos suele haber un número relativamente bajo de materias primas, pero una gran cantidad de productos finales. Este entorno, además, es típico de muchas organizaciones de servicios. La demanda es tan variable tanto en cantidad como en diseño, que resulta prácticamente imposible programar cualquier tipo de producto o servicio final." (Chapman, 2006, pág. 78.).

Debido al tipo de producción de la empresa se propuso tres métodos sencillos pero eficientes para controlar la producción del taller entre estos podemos encontrar:

- Programación de pedidos con diagramas de Gantt.
- Planificación suplementaria (Formatos de control).
- Control de gestión (Indicadores de gestión).

### 3.3.1 Programación de pedidos con diagramas de Gantt:

Este método consiste en la elaboración de un diagrama de Gantt que "es una sencilla herramienta visual que sirve no sólo para programar el trabajo de acuerdo con las prioridades, sino también para evaluar rápidamente el estado de todas las tareas, tanto para conocer al instante su situación como para modificar el orden de prioridad según se necesite." (Chapman, 2006, pág. 181).

La programación de pedidos tiene una ventaja principal sobre las demás técnicas que según (Scheele, Westerman, & Wimmert, 1978) "cosiste en que cada fase individual de una operación se planea al detalle, ocasionando que teóricamente nunca deba haber dificultades sobre lo que se espera de cada medio de producción, porque es posible estimar la fecha más temprana de finalización posible de cualquier nuevo pedido con la seguridad que se cumplirá la fecha de entrega" (Pag.189).

Para la implementación en el taller se diseñó un formato que debe ser rellenado una vez se realice cada pedido, este formato incluye información como:

1. El número de artículos a producir.
2. El nombre del centro de trabajo y operario que se le haya asignado el trabajo de cada operación.
3. El tiempo total de producción estimado para realizar cada operación.
4. El tiempo utilizado por cada operador para finalizar su actividad.
5. La fecha de inicio y de entrega para el trabajo.

Después de haber recopilado la información necesaria se procede a realizar el diagrama, trazando una escala horizontal que represente los intervalos de tiempo estimado de cada proceso. Una vez que cada proceso es finalizado se debe crear otra escala horizontal que represente el tiempo real que tardo el trabajador en realizar la operación como se muestra en el anexo (OO). Con el fin de detectar retrasos o fallas al comparar las dos escalas. Vale la pena resaltar que "la programación de pedidos es fundamentalmente un proceso de tanteo en el que diversas operaciones se disponen y se vuelven a disponer hasta que se consigue tener un plan general aceptable" (Scheele, Westerman, & Wimmert, 1978, pág. 189).

En el anexo (OO), se muestra a manera de ejemplo la programación de una ventana, en esta se puede observar que el tiempo estimado de fabricación no se cumplió como se esperaba desde el ensamble del marco. Provocando un desface de 16 minutos en la programación, al preguntarle al operario responsable del ensamble este declaro que había soldado mal una pieza del marco ocasionando que tuviera que cortar y soldar de nuevo la pieza, ya que el retraso fue ocasionado por un error humano se concluye que el tiempo estimado no necesita ajustes, pero si el operario sigue presentando el mismo error en futuros proyectos se deberá capacitarle nuevo en su área.

### 3.3.2 Planificación suplementaria (formatos de control):

Este método consiste en realizar una serie de formatos que permitan recolectar información sobre el proceso. La planificación suplementaria se basa según (Voris, 1977) "en

determinar qué departamento, maquina u hombres pueden realizar la actividad programada con eficiencia" (Pag.91), basándose en una serie de formatos que para una empresa pequeña deben ser los suficientes para:

1) Conseguir la identificación de la pieza en su marcha a través del taller.
2) Controlar la iniciación y terminación del trabajo y registrar el tiempo invertido y los materiales empleados.
3) Registrar el proceso de trabajo una vez terminado, suministrar los datos suficientes para facilitar las programaciones posteriores y para determinar los costos del trabajo.

El taller no cuenta con ningún formato que facilite el registro de información referente a la transformación de la materia prima en el proceso. Como consecuencia de esto, se realiza con la colaboración del jefe del taller tres formatos (ordenes de producción, requerimiento de material y proyecto realizado), que servirán para generar un historial del proceso productivo que facilite posteriores programaciones.

- Orden de producción:

La orden de producción (Anexo PP) hace referencia al control individualizado de cada pedido o trabajo que se realizara en el taller, permitiendo obtener el costo de cada uno de los elementos, además de proporcionar al trabajador los detalles del proyecto como: diseño, número de unidades a laborar, color, fecha de inicio y fecha de entrega.

- Requerimiento de material:

El requerimiento de material hace referencia a la entrega de materia prima que necesita cada operario para realizar su proyecto. Este formato de control (Anexo QQ) tiene como finalidad hacer solicitudes de materia prima antes de iniciar el proyecto, y cuenta con diferentes espacios en los que el trabajador al hacer la solicitud debe indicar, el nombre del operario, el área perteneciente, la descripción de la materia prima, la cantidad requerida, la fecha de solicitud, fecha de entrega y la firma del operario, con fin de hacer un registro de que material se utiliza y su cantidad, para así poder destacar su importancia en la próxima compra al adquirir mayor o menor cantidad.

- Proyecto realizado:

Este formato (Anexo RR) de control hace referencia al reporte del trabajo realizado por el operario y consta de una serie de espacios en los que el operario debe ingresar su nombre, el área que desempeña su labor, el número del proyecto, tipo de proyecto, fecha de inicio, metro cuadrado construido (espacio solo para oficiales), fecha de finalización, errores cometidos y firma. Este formato tiene como fin diversos propósitos entre los que se encuentran:

1. Monitorear los Metros Cuadrados construidos para realizar el respectivo pago al operario.

2. Controlar la duración de los proyectos con el objetivo de tener un registro para futuras actualizaciones del modelo de planeación, programación y control.

3. Comparar lo que se programó con lo que se produjo por medio de un registro, con el objetivo de tener conocimiento si se cumplió o no, con la programación establecida en ese periodo de tiempo.

4. Tener control en las demoras en la producción. Permitiendo identificar las causas por las cuales no se pudo cumplir la fecha de producción establecida, con el propósito de implementar los correctivos necesarios para que no vuelva a suceder.

### 3.3.3 Control de gestión:

El control de la gestión según (Beltrán, 1998) "Es un sistema de información estadística, financiera y operativa apoyada en indicadores que puesta al servicio de la dirección de la organización, le permite tomar decisiones acertadas y oportunas, adoptarlas medidas correctivas que correspondan y controlar la evolución en el tiempo de los principales procesos" (Pág. 25).

A continuación, se plantean una serie de indicadores de gestión que al utilizar la información recolectada con los formatos mencionados anteriormente permitirán al jefe del taller evaluar el desempeño de la empresa y realizar correctivos necesarios a la gestión.

- Productividad laboral:

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para obtener dicha producción, pertenece a los indicadores de eficiencia que relaciona la cantidad de horas hombre utilizada con la cantidad de producción obtenida. Tiene como objetivo evaluar la capacidad del sistema productivo a partir de los recursos humanos.

$$Capacidad\ de\ producción = \frac{Producción\ Obtenida}{Horas\ de\ trabajo\ empleadas}$$

Este indicador debe medirse mensualmente por el jefe del taller con la finalidad de evaluar si la capacidad de producción está siendo eficiente, a su vez podrá analizar de acuerdo con los resultados si es posible aumentar o disminuir la capacidad de producción.

- Productividad:

Al relacionar la productividad total con el total de recursos empleados obtenemos el índice de productividad total, el cual nos da una idea de la situación de la productividad de toda la empresa, tiene como objetivo evaluar la capacidad del sistema productivo a partir de los insumos.

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumo\ empleado}$$

Este indicador debe medirse mensualmente por el jefe del taller con la finalidad de analizar el comportamiento actual y realizar algunas proyecciones útiles para estimar el comportamiento futuro si es que pensamos mantener la situación actual.

- Unidades día Fabricadas:

Es la producción diaria ejercida por el sistema productivo debido al número de empleados fijos o variables que cuenta la empresa en los días laborales o hábiles del mes. Se mide de forma aleatoria en la semana y su objetivo es el de evaluar si la capacidad de producción mensual se lleva a cabo diariamente. Este indicador Permite calcular las unidades fabricadas al día, al relacionar los factores (unidades fabricadas por mes, número de empleados y días hábiles). según la producción mensual se pueden variar el número de empleados y así tomar la decisión de aumentar o disminuir la producción mensual según la necesidad.

$$Unidades\ Dia = \frac{(Und.\ por\ Mes)(N°\ de\ Empleados)}{Dias\ Habiles}$$

- Porcentaje de desperdicio:

Este indicador se calcula mensualmente, relacionando la cantidad de desperdicios mensuales que no son recuperables para el taller con la cantidad de unidades fabricadas, es calculado por el jefe del taller y permite saber cuánto del material se desperdició durante el mes con el fin de realizar correcciones si este porcentaje aumenta.

$$Porcentaje\ de\ desperdicio = \frac{Cantidad\ de\ desperdicios}{cantidad\ de\ unidades\ fabricadas} x100$$

# 4. Conclusiones:

La finalidad de este proyecto fue diseñar con el apoyo y empeño de los trabajadores de Metálicas Vásquez, diferentes herramientas y estrategias con base en la ingeniería industrial, que generarán un valor agregado al negocio y, permitirán tener estrategias solidas de crecimiento de cara al futuro para maximizar su productividad.

Durante el desarrollo de este proyecto se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En el desarrollo del trabajo se realizó por medio de la observación directa un diagnostico operativo que permitió evaluar el desempeño del área productiva del taller, para identificar las debilidades del sistema que sirvieron como referencia en el desarrollo de mejoras en el proceso.

- Teniendo en consideración las debilidades detectadas durante el diagnostico, se elaboró un estudio de metodos con el propósito de realizar una propuesta de mejora que facilito la estandarización de los procesos, al implementar diagramas de procesos que permiten el seguimiento de los productos en el sistema, la secuencia correcta para la elaboración de cada producto y son de gran ayuda para la capacitación de nuevos empleados.

- El estudio de tiempos realizado facilito la comparación del método actual con el propuesto, permitiendo comprobar la eficiencia de la propuesta al menos de manera parcial presentando una mejora en su producción de 14 minutos para ventanas ornamentadas.

- Al programar la producción en metálicas vasquez de acuerdo con las políticas propuestas y bajo el modelo heurístico C.D.S se encontró una mejora en el aprovechamiento, control y coordinación de los recursos disponibles obteniendo mayor competitividad, calidad y una mejor atención al cliente por medio del cumplimiento de fechas de entrega, por tanto al aplicar las políticas propuestas se obtuvo un mayor cumplimiento.

- Finalmente, se plantearon tres métodos de control que facilitaran la recopilación de datos y el seguimiento del producto en el proceso con la finalidad de disminuir desperdicios, tiempos improductivos y errores humanes, además de permitir evaluar el esta actual del proceso por medio de indicadores de gestión.

- Metálicas Vásquez decidió por el momento no aplicar las mejoras propuestas en este proyecto debido a que no cuenta con el capital disponible para realizar dichos cambios.

# 5. Bibliografía


- Bedworth, D., & Bailey, J. (1988). *Sistemas integrados de control de produccion.* Mexico: Limusa.
- Beltrán, J. M. (1998). *Indicadores de gestión.* 3R.
- Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción. .* Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Chase, R., Jacobs, R., & Anquilano, N. (2009). *Administracion de operaciones produccion y cadena de suministros .* Mexico: McGRAW-HILL.
- Dominguez, J. A. (1995). *Direccion de operaciones .* Madrid: McGraw-Hill.
- Garcia, R. (2005). *Estudio del trabajo.* Monterey: McGrawHill.
- Guerra, I. (2007). *Evaluacion y Mejora continua.* bloomington: AuthorHouse.
- *Icontec*. (2016). Obtenido de https://www.icontec.org/Ser/Nor/Paginas/Nor/ftp.aspx
- kanawaty, G. (1996). *Introduccion al estudio del trabajo.* Ginebra: Organizacion internacional del trabajo .
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingenieria industrial, metodos, estandares y diseño del trabajo .* Mexico D.F: McGrawHill.
- Prado, J. R. (1992). *La planeacion y control de la produccion.* Mexico: Universidad Autonoma Metropolitana.
- *Salesforce*. (2017). Obtenido de Salesforce: https://help.salesforce.com/articleView?id=pfs_scheduling.htm&type=5
- Scheele, E., Westerman, W., & Wimmert, R. (1978). *Como implantar el control de producción .* bilbao: Ediciones Deusto.
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la produccion.* Mexico: McGrawHill.
- Voris, W. (1977). *Control de produccion.* Barcelona: HISPANO EUROPEA.

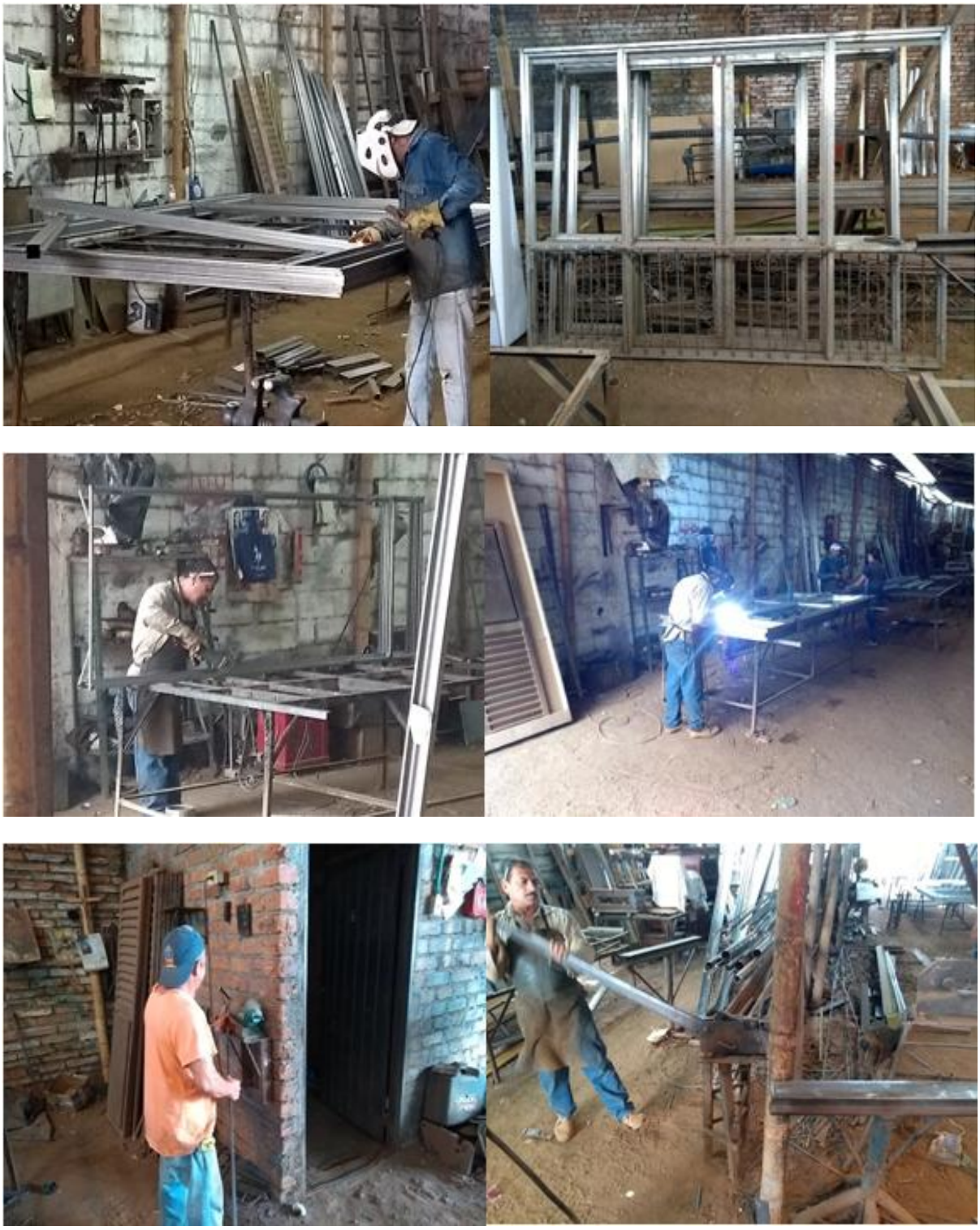
# 6. Anexos.

**Anexo A. Diseño a mano alzada y catálogo de diseños.**

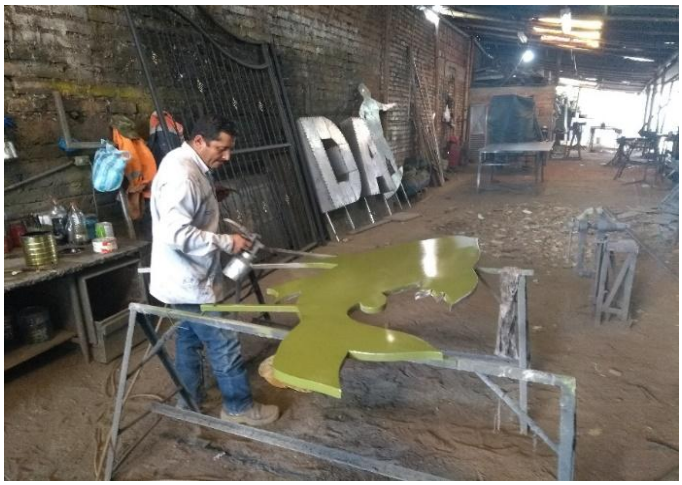
**Anexo B. Fotografías del área de elaboración de piezas.**

**Anexo C. Fotografías de los residuos de lámina y pestañas.**

**Anexo D. Fotografías del área de elaboración de ensamble.**



**Anexo E. Fotografías del área de elaboración de acabados.**



**Anexo F. Fortalezas y debilidades.**

| FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN | | |
|---|---|---|
| Proceso | Fortalezas | Debilidades |
| Diseño ornamental | 1. El taller ofrece servicios adicionales al proceso de producción como la toma de medidas a domicilio que no cuentan con un costo y sirve para decidir el tamaño del proyecto, además de dar una idea parcial de su costo de elaboración.<br>2. El taller cuenta con el servicio de diseño de ornamentación. Aunque este se realice a mano alzada brinda una idea parcial al cliente sobre el diseño final de su proyecto. | 1. El taller no cuenta con un programa de diseño o un catálogo extenso de fotografías que permita a los compradores ver una representación más acercada a la realidad de su proyecto.<br>2. El taller no cuenta con fichas técnicas de sus productos, que expliquen al consumidor todas las características que puede llegar a acceder al elegir un producto.<br>3. El taller no genera un registro o una factura, que evidencie cada una de las especificaciones como tamaño, diseño, color, tiempo de entrega, materiales, costo de instalación del producto que debe recibir al final del proyecto. |
| Elaboración de piezas | 1. El tiempo de transformación del material en estos tres procesos es el más corto en todo el sistema de producción, por la especialización del trabajo de cada operario.<br>2. Para compensar el tiempo libre que posee cada máquina en el área de corte y doble de material, el taller ofrece estos servicios a talleres externos. | 1. Al momento de cortar la lámina el trabajador no cuenta con la protección adecuada en sus manos, esto pasa por tres razones: la primera no cuenta con los elementos, la segunda cuenta con los elementos pero decide no usarlos y, la tercera los elementos de protección están muy desgastados para cumplir con su función.<br>2. El área de corte no cuenta con un depósito específico de material sobrante, este es arrojado en el piso donde está en contacto con diferentes factores que puede provocar a los trabajadores cortes e infecciones.<br>3. El taller presenta un transporte innecesario en el área de corte dado que se encuentra separada del área de trazado y dobles.<br>4. Aunque el taller cuenta con dos cizallas de corte para lámina sólo una está destinada al área de corte, la otra es destina a trabajos cortos porque no cuenta con un soporte para laminas.<br>5. La dobladora en el área de dobles no tiene debidamente señalado los ángulos de doble, impidiendo que una persona nueva ocupe con facilidad este puesto sin provocar antes daños en la lámina. |

**Anexo G. Fortalezas y debilidades continuación.**

| FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCION | | |
|---|---|---|
| Proceso | Fortalezas | Debilidades |
| Ensamble de estructura | 1. Cada puesto de ensamble cuenta con un baúl de herramientas que almacena diferentes tipos de agarraderas, martillos, brocas y metros, necesarios para el desarrollo del proyecto.<br>2. Cada puesto de ensamble del taller cuenta con la participación de un ayudante cuya función es asistir al soldador al momento de necesitar la fabricación de alguna pieza faltante del diseño, cortar alguna pieza de varilla o simplemente moviendo la estructura para poder soldarla fácilmente. | 1. El aseo de cada puesto de trabajo es mínimo, en estos se pueden encontrar piezas de metal arrojadas en el piso, que pueden provocar una herida en los pies a cualquier operario o visitante del taller.<br>2. El taller no cuenta con una zona de almacenamiento definida. El material necesario para cada proyecto es depositado en el suelo cerca de cada puesto de trabajo, lo que ocasiona dificultades a los operarios al momento de trasladar estructuras entre una zona a otra.<br>3. Los operarios del área de ensamble (soldadores) no cuentan con una dotación proporcionada por la empresa solo cuentan con ropa que cada uno trae de sus casas. Estas aunque protegen el cuerpo del calor de la soldadura no protegen de otros peligros como cortes, caídas de herramientas, etc. |
| Acabado final | 1. En el taller cada ayudante está capacitado para realizar además de sus funciones de apoyo las funciones correspondientes al área de acabados (pulir, masillar y pintar).<br>2. El cliente tiene la capacidad de elegir cualquier color para su estructura, si este no tiene definido el color el taller ara entrega de la estructura en pintura negra anticorrosiva. | 1. Los operarios que pertenecen a esta área no cuentan con la protección adecuada a su labor, están expuestos a emisiones de pintura y chispas provocadas durante el pulido. Estas pueden crear problemas respiratorios y riesgos de heridas graves en los ojos.<br>2. Esta área no cuenta con ningún tipo de control en el almacenamiento ni en el uso de materiales como pintura, thinner, masilla y discos de pulido, pues estos son almacenados a la intemperie sobre una mesa, donde no se garantiza que estos materiales no se pierdan, se derramen o se sequen; además que no se lleva un registro de la cantidad de material que se debe usar en las estructuras.<br>3. Esta área no cuenta con un sistema de inventario que contenga un registro de las cantidades restantes de material. Esto ocasiona que cuando algún material falte el proceso tenga que detenerse mientras este es adquirido. |

## Anexo H. Formato de cursograma analítico.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | | | | METÁLICAS VÁSQUEZ | | | |
| **Actividad:** | | | | | | | |
| **Fecha:** | | | | | | | |
| **Operador:** | | **Analista:** | | | | | |
| **Encierre el método y tipo apropiados** | | | | **Resumen** | | | |
| **Método:** | Presente | Propuesto | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | Material | Maquina | Operación | | | |
| **Comentarios:** | | | | Transporte | | | |
| | | | | Tiempo (min) | | | |
| | | | | Distancia (ft) | | | |
| **Descripción de los elementos** | | | **Símbolo** | **Tiempo (min)** | **Distancia (m)** | **Recomendaciones** | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

## Anexo I. Formato de cursograma analítico para una ventana ornamentada.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 25 de Agosto del 2018 | | | | | | |
| **Operador:** | | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | |
| **Encierre el método y tipo apropiados** | | | | **Resumen** | | | |
| **Método:** | **Presente** | Propuesto | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | | | |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una ventana ornamentada de 2.57 m de ancho y 1.55 m de alto | | | | Transporte | | | |
| | | | | Tiempo (min) | | | |
| | | | | Distancia (m) | | | |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se traza líneas de corte y doble sobre láminas de aluminio | | 20 | | |
| Transportes de láminas al área de corte | | 0,17 | 6,57 | |
| Corte de piezas | | 15 | | |
| Transporte de piezas al área de doble | | 0,17 | 6,57 | |
| Dobles de piezas | | 20 | | |
| Transporte de piezas al área de ensamble | | 0,25 | 7,32 | |
| Inspección de piezas y ensamble de marco | | 30 | | |
| Se corta las piezas del diseño ornamental | | 32 | | |
| Se sueldan las piezas al marco | | 25 | | |
| Transporte de la ventana al área de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la ventana | | 15 | | |
| Se masilla la ventana | | 10 | | |
| Se pinta la ventana | | 15 | | |
| Se transporta la ventana al área de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

## Anexo J. Formato de cursograma analítico para una puerta ornamentada.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 30 de Agosto del 2018 | | | | | | |
| **Operador:** | | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | |

| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | **Presente** | Propuesto | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | | | |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una puerta ornamentada de 2.27 m de alto y 97 cm de ancho | | | | Transporte | | | |
| | | | | Tiempo (min) | | | |
| | | | | Distancia (m) | | | |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se traza líneas de corte y doble sobre láminas de aluminio | | 20 | | |
| Transportes de láminas al área de corte | | 0,17 | 6,57 | |
| Corte de piezas | | 15 | | |
| Transporte de piezas al área de doble | | 0,17 | 6,57 | |
| Dobles de piezas | | 20 | | |
| Transporte de piezas al área de ensamble | | 0,25 | 7,32 | |
| Inspección de piezas y ensamble de marco | | 30 | | |
| Inspección de piezas y ensamble de hoja | | 30 | | |
| Se corta las piezas del diseño ornamental | | 25 | | |
| Se soldán las piezas a la hoja | | 20 | | |
| Transporte de la puerta al área de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la puerta | | 15 | | |
| Se masilla la puerta | | 10 | | |
| Se pinta la puerta | | 15 | | |
| Se transporta la puerta al área de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

## Anexo K. Formato de cursograma analítico para una escalera ornamentada.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 13 de Septiembre del 2018 | | | | | | |
| **Operador:** | | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | |

| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | **Presente** | Propuesto | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | | | |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una escalera estilo caracol de 15 pasos con 2.50 metros de altura y 97 cm de ancho | | | | Transporte | | | |
| | | | | Tiempo (min) | | | |
| | | | | Distancia (m) | | | |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se corta las piezas de las estructura | | 25 | | |
| Se corta las piezas del diseño ornamental | | 30 | | |
| Inspección de piezas y ensamble de la estructura | | 30 | | |
| Se suela la estructura y se ensambla la barandilla de protección | | 45 | | |
| Se suelda las piezas del diseño a la barandilla de protección | | 25 | | |
| Transporte de la escalera al area de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la escalera | | 15 | | |
| Se masilla la escalera | | 10 | | |
| Se pinta la escalera | | 15 | | |
| Se transporta la escalera al area de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

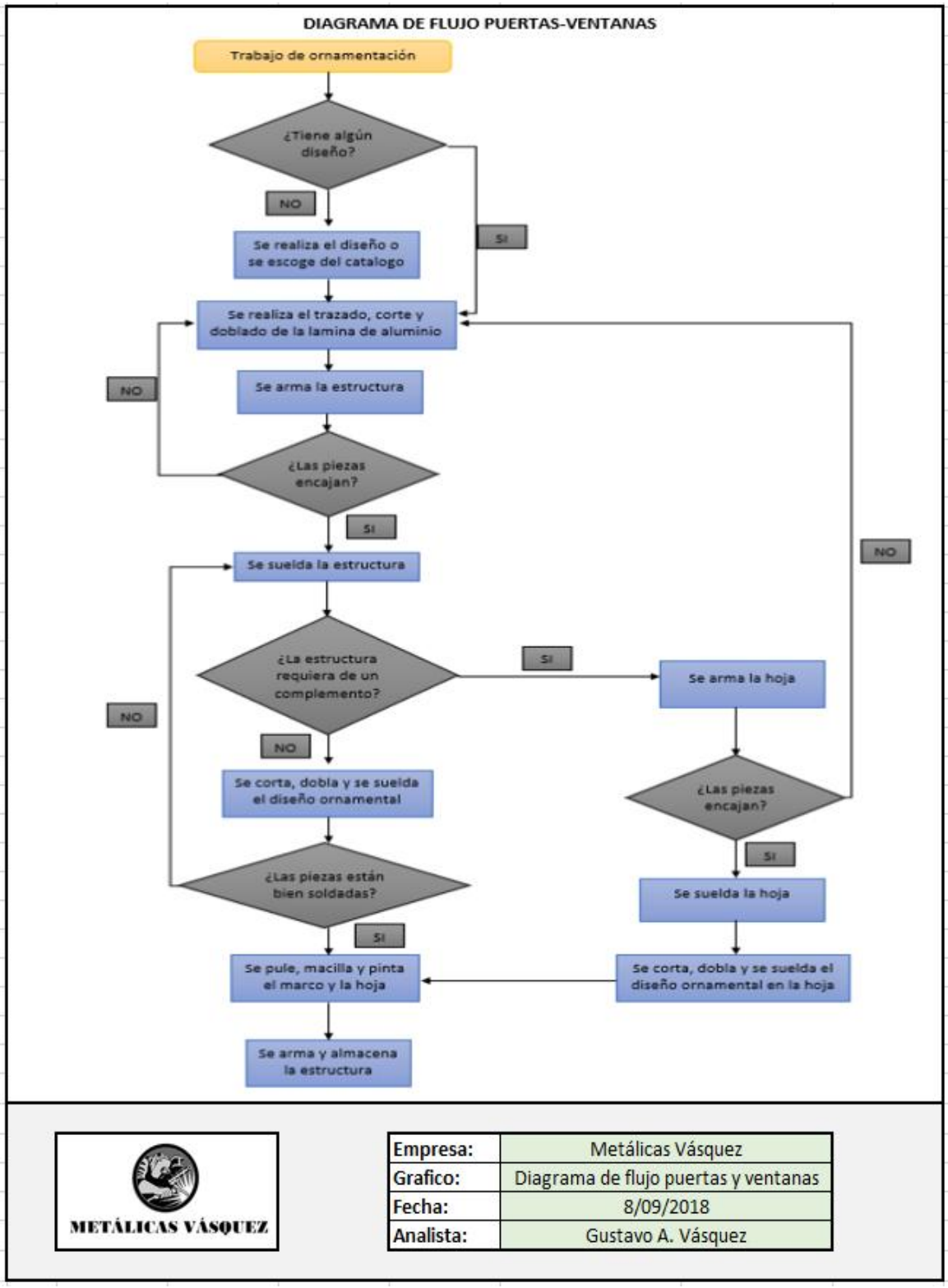
## Anexo L. Formato de cursograma analítico para una reja ornamentada.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 3 de Octubre del 2018 | | | | | | |
| **Operador:** | | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | |

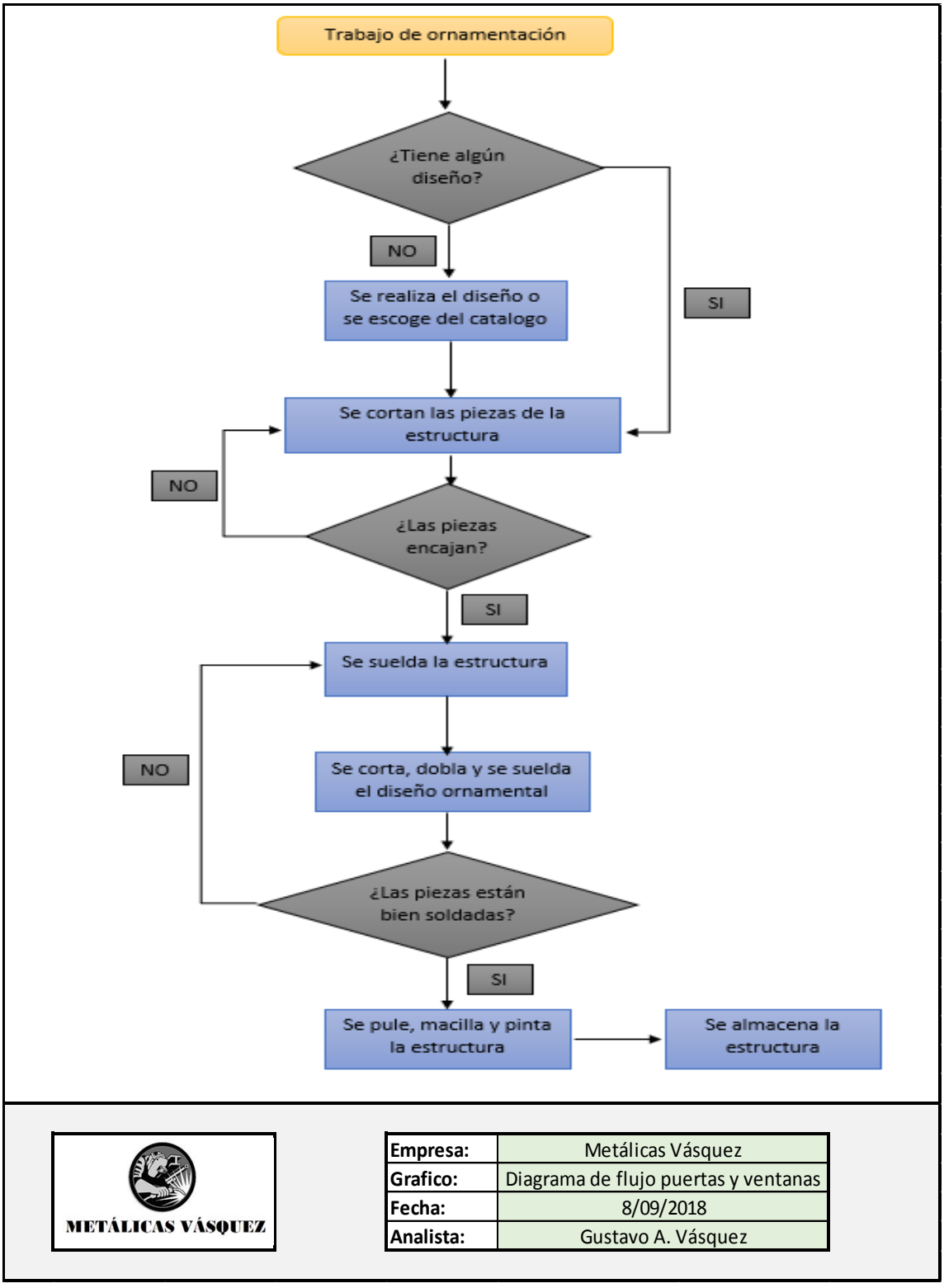
| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | **Presente** | Propuesto | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | | | |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una reja ornamentada de 2,34 m de ancho y 2,07 m de alto | | | | Transporte | | | |
| | | | | Tiempo (min) | | | |
| | | | | Distancia (m) | | | |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se corta las piezas de la estructura | | 25 | | |
| Se corta las piezas del diseño ornamental | | 20 | | |
| Inspección de piezas y ensamble de la estructura | | 30 | | |
| Se suelda el marco de la estructura | | 15 | | |
| Se suelda las piezas del diseño al marco de la estructura | | 20 | | |
| Transporte de la reja al area de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la reja | | 15 | | |
| Se masilla la reja | | 10 | | |
| Se pinta la reja | | 15 | | |
| Se transporta la reja al area de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

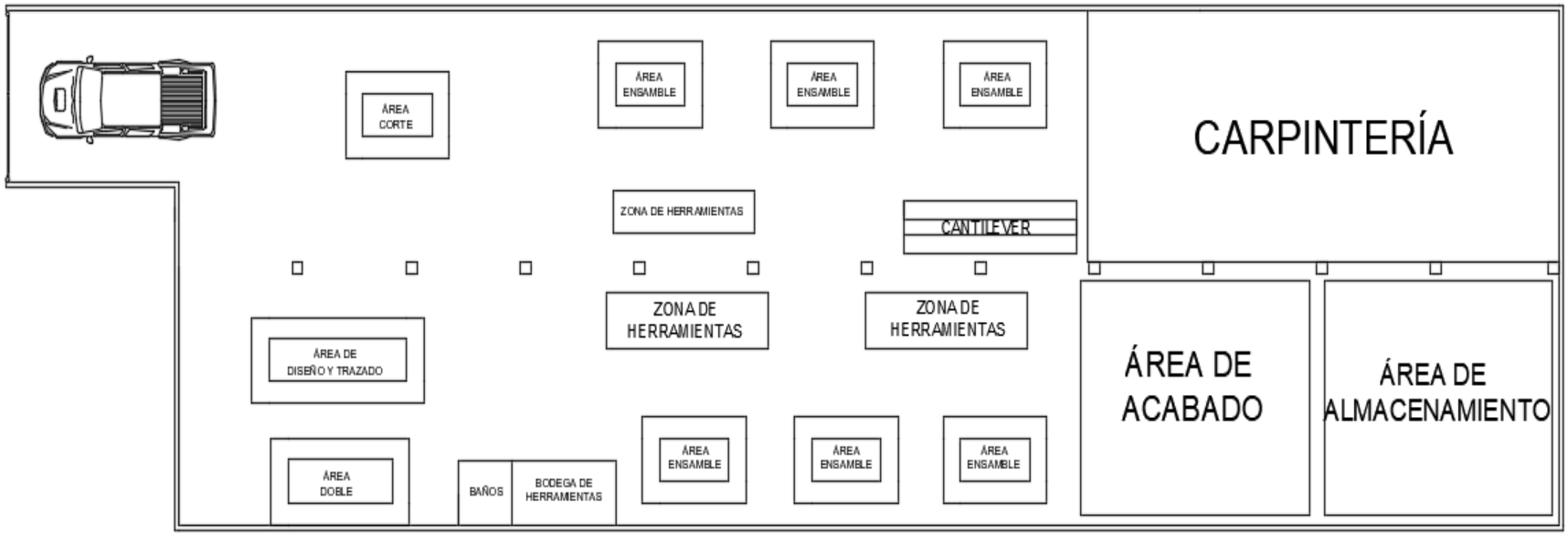
## Anexo M. Diagrama de flujo para puertas y ventanas.



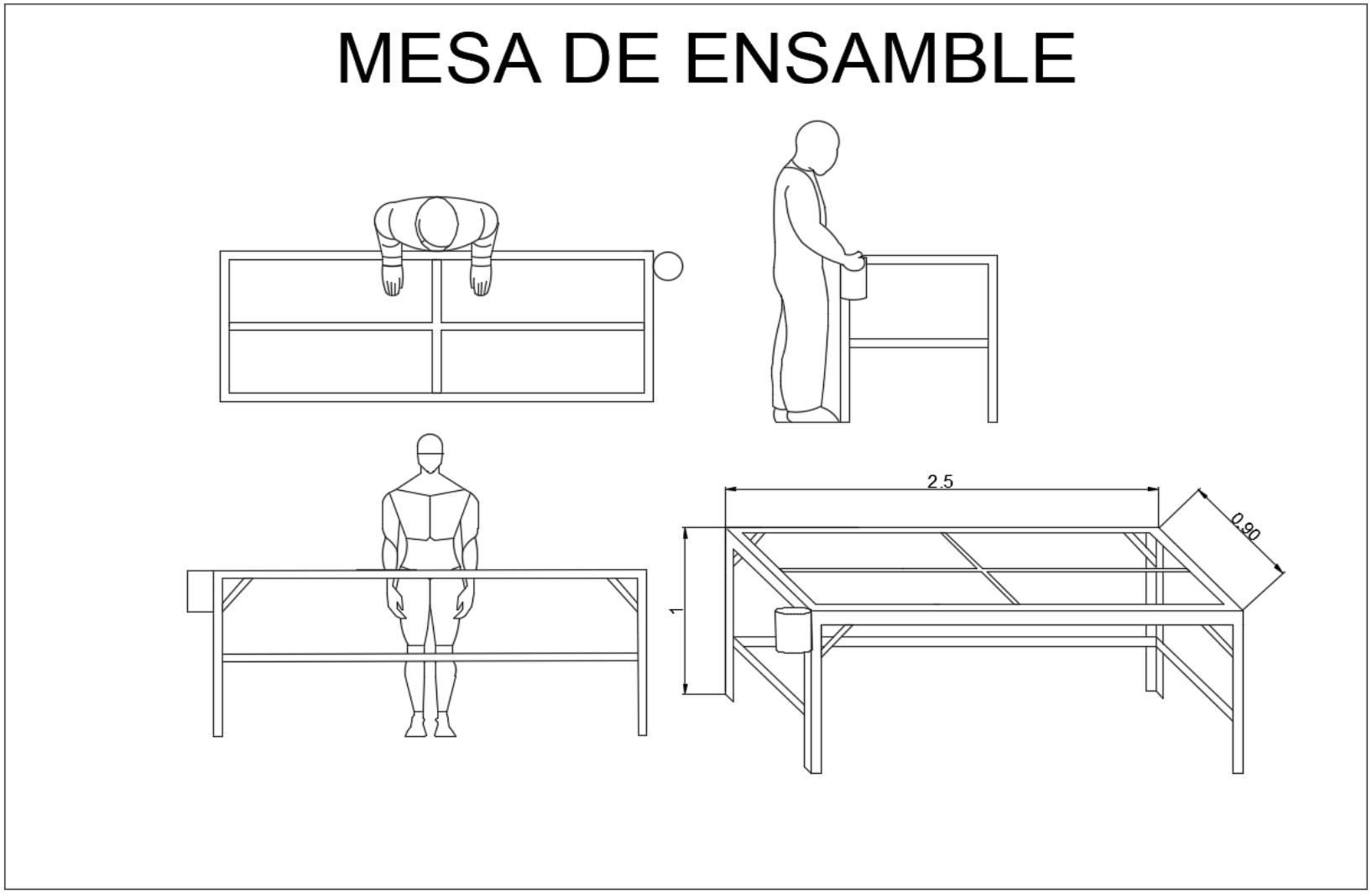
## Anexo N. Diagrama de flujo de escaleras y rejas.



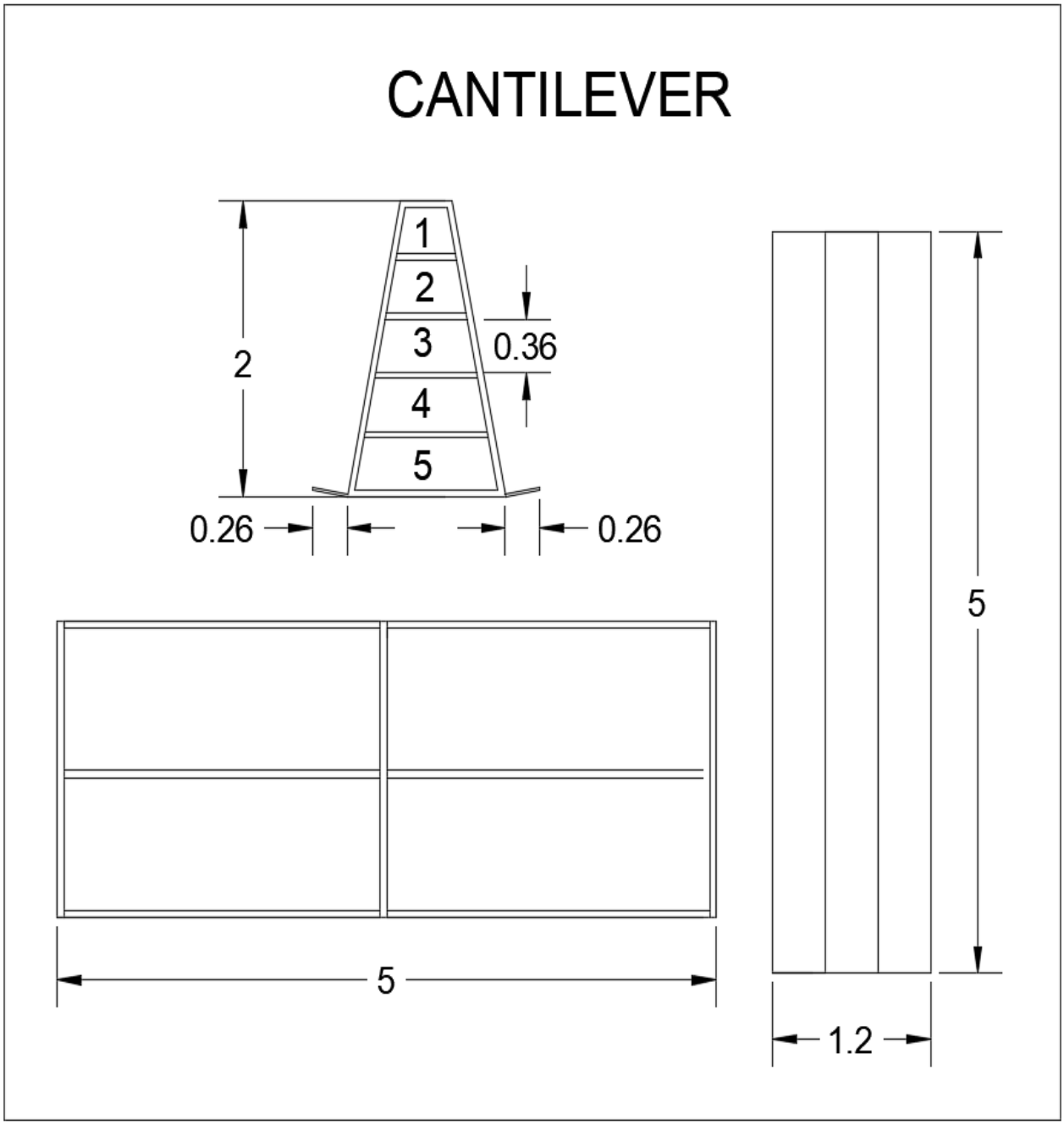
**Anexo O. Distribución actual del taller.**



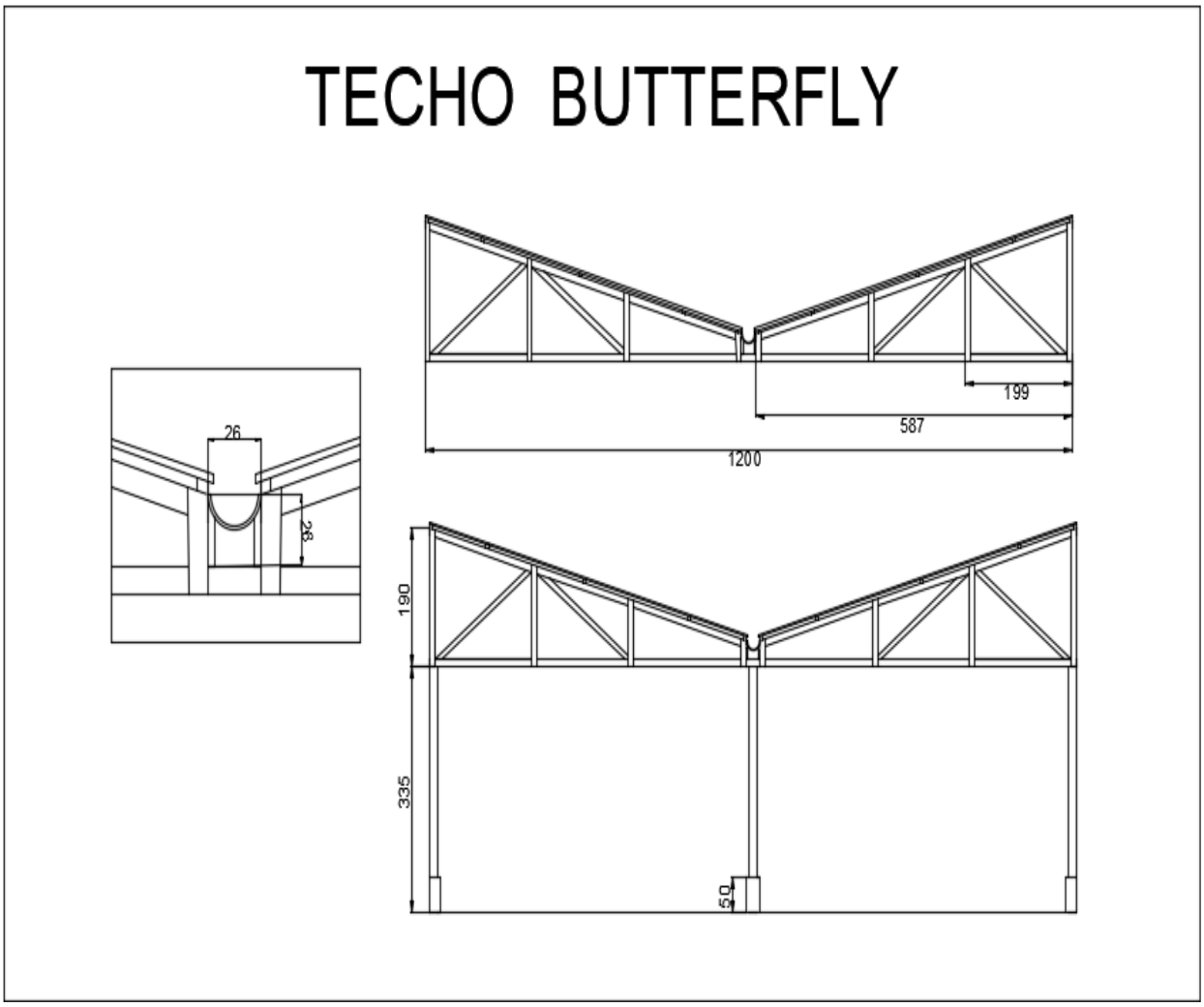
**Anexo P. Mesa de ensamble.**



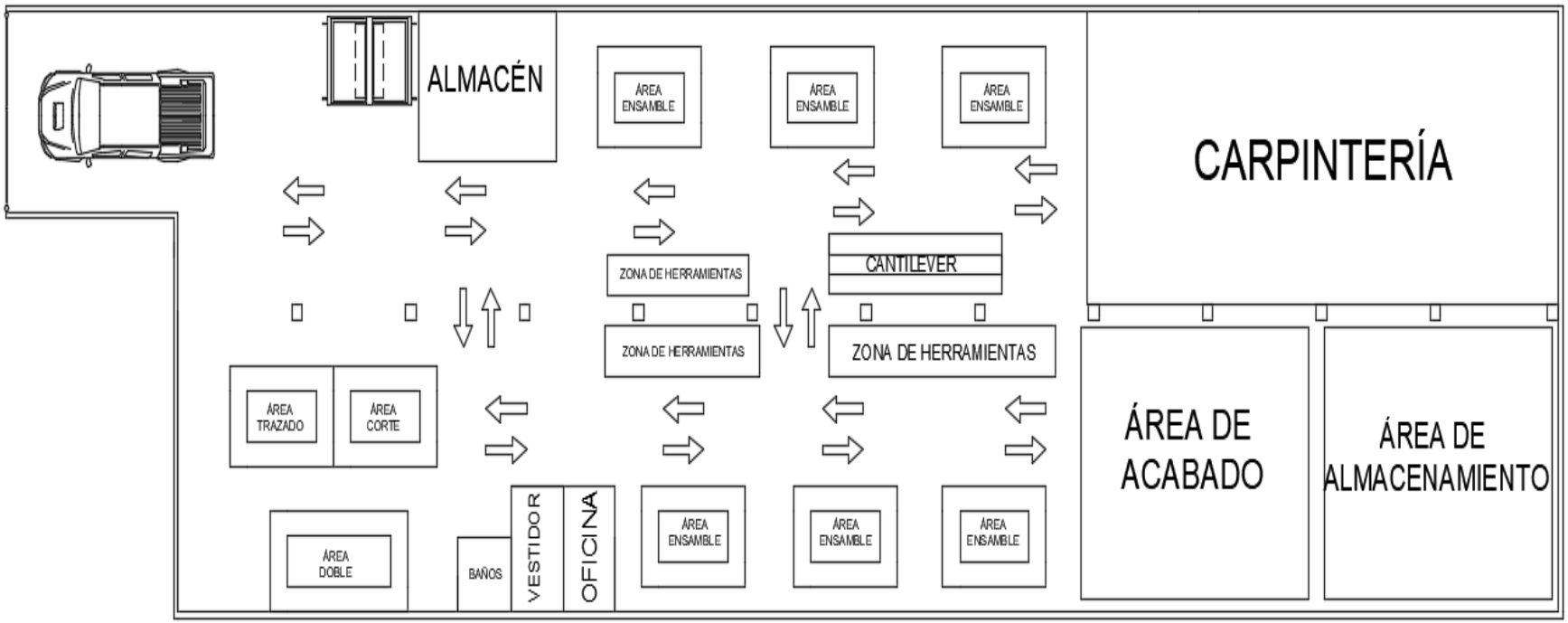
**Anexo Q. Cantiléver.**



**Anexo R. Techo.**



**Anexo S. Nueva distribución.**



## Anexo T. Formato de cursograma analítico para una ventana ornamentada mejora.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 12 de Junio del 2019 | | | | | | |
| **Operador:** | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | | |

| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | Presente | **Propuesto** | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | 10 | 10 | 0 |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una ventana ornamentada de 2.57 m de ancho y 1.55 m de alto | | | | Transporte | 5 | 3 | 2 |
| | | | | Tiempo (min) | 193 | 180,67 | 12,33 |
| | | | | Distancia (m) | 31,96 | 18,82 | 13,14 |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se traza líneas de corte y doble sobre láminas de aluminio | | 20 | | |
| Corte de piezas | | 15 | | |
| Dobles de piezas | | 20 | | |
| Transporte de piezas al área de ensamble | | 0,25 | 7,32 | |
| Inspección de piezas y ensamble de marco | | 26 | | |
| Se corta las piezas del diseño ornamental | | 28 | | |
| Se sueldan las piezas al marco | | 21 | | |
| Transporte de la ventana al área de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la ventana | | 15 | | |
| Se masilla la ventana | | 10 | | |
| Se pinta la ventana | | 15 | | |
| Se transporta la ventana al área de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

## Anexo U. Formato de cursograma analítico para una puerta ornamentada mejora.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 12 de Junio del 2019 | | | | | | |
| **Operador:** | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | | |

| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | Presente | **Propuesto** | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | 11 | 11 | 0 |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una puerta ornamentada de 2.27 m de alto y 97 cm de ancho | | | | Transporte | 5 | 3 | 2 |
| | | | | Tiempo (min) | 211 | 198,67 | 12,33 |
| | | | | Distancia (m) | 31,96 | 18,82 | 13,14 |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se traza líneas de corte y doble sobre láminas de aluminio | | 20 | | |
| Corte de piezas | | 15 | | |
| Dobles de piezas | | 20 | | |
| Transporte de piezas al área de ensamble | | 0,25 | 7,32 | |
| Inspección de piezas y ensamble de marco | | 26 | | |
| Inspección de piezas y ensamble de hoja | | 26 | | |
| Se corta las piezas del diseño ornamental | | 25 | | |
| Se soldán las piezas a la hoja | | 16 | | |
| Transporte de la puerta al área de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la puerta | | 15 | | |
| Se masilla la puerta | | 10 | | |
| Se pinta la puerta | | 15 | | |
| Se transporta la puerta al área de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

## Anexo V. Formato de cursograma analítico para una escalera ornamentada mejora.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 12 de Junio del 2019 | | | | | | |
| **Operador:** | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | | |

| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | Presente | **Propuesto** | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | 9 | 8 | 1 |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una escalera estilo caracol de 15 pasos con 2.50 metros de altura y 97 cm de ancho | | | | Transporte | 2 | 2 | 0 |
| | | | | Tiempo (min) | 205,42 | 192,42 | 13 |
| | | | | Distancia (m) | 11,5 | 11,5 | 0 |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se corta las piezas de las estructura y el diseño ornamental | | 48 | | |
| Inspección de piezas y ensamble de la estructura | | 28 | | |
| Se suela la estructura y se ensambla la barandilla de protección | | 43 | | |
| Se suelda las piezas del diseño a la barandilla de protección | | 23 | | |
| Transporte de la escalera al area de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la escalera | | 15 | | |
| Se masilla la escalera | | 10 | | |
| Se pinta la escalera | | 15 | | |
| Se transporta la escalera al area de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

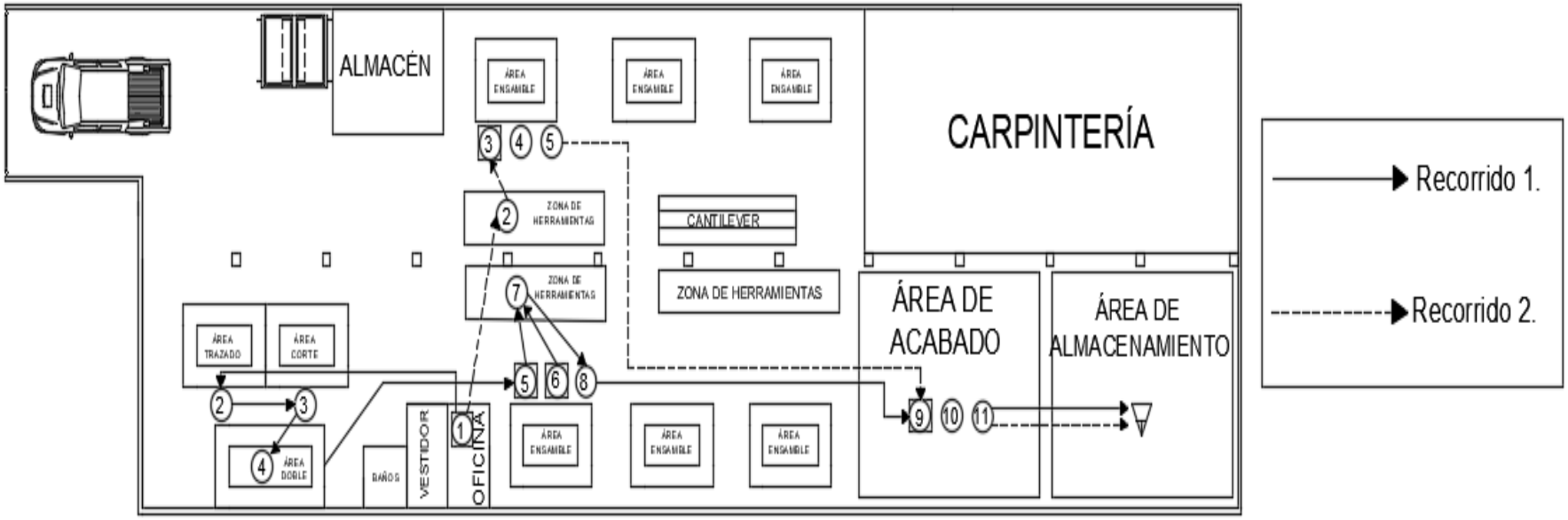
## Anexo W. Formato de cursograma analítico para una reja ornamentada mejora.

| Cursograma Analítico del Proceso | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ubicación:** | Metálicas Vásquez | | | | | | |
| **Actividad:** | Ornamentacion de estructuras | | | | | | |
| **Fecha:** | 12 de Junio del 2019 | | | | | | |
| **Operador:** | | **Analista:** Gustavo Adolfo Vásquez | | | | | |

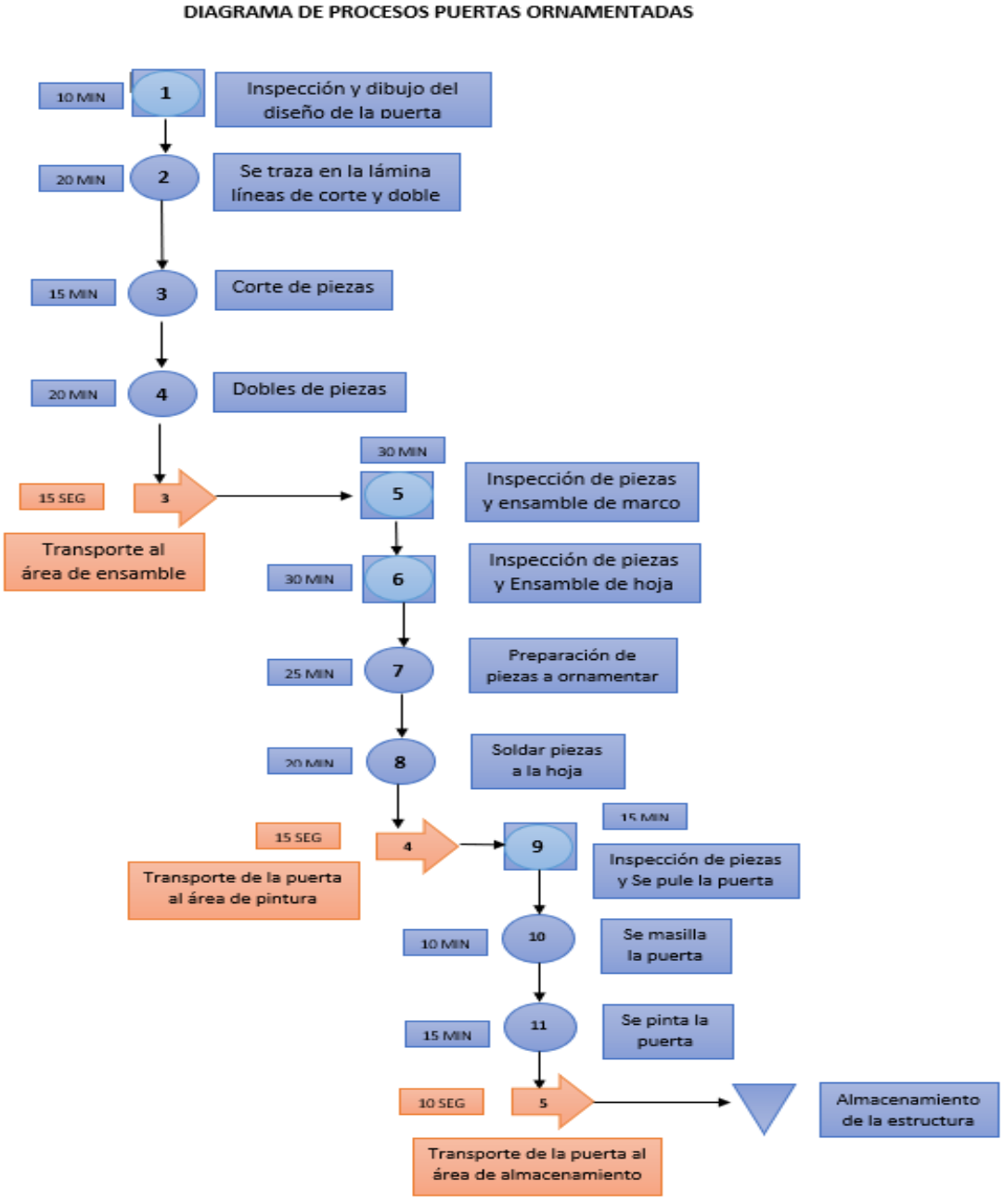
| Encierre el método y tipo apropiados | | | | Resumen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Método:** | Presente | **Propuesto** | | **Elemento** | **Presente** | **Propuesto** | **Ahorros** |
| **Tipo:** | Trabajador | **Material** | Maquina | Operación | 9 | 8 | 1 |
| **Comentarios:** Toma de tiempos de una reja ornamentada de 2,34 m de ancho y 2,07 m de alto | | | | Transporte | 2 | 2 | 0 |
| | | | | Tiempo (min) | 160,42 | 147,42 | 13 |
| | | | | Distancia (m) | 11,5 | 11,5 | 0 |

| Descripción de los elementos | Símbolo | Tiempo (min) | Distancia (m) | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| Inspección y dibujo del diseño final de la estructura | | 10 | | |
| Se corta las piezas de la estructura y del diseño ornamental | | 48 | | |
| Inspección de piezas y ensamble de la estructura | | 27 | | |
| Se suelda el marco de la estructura | | 10 | | |
| Se suelda las piezas del diseño al marco de la estructura | | 12 | | |
| Transporte de la reja al area de pintura | | 0,25 | 7,5 | |
| Inspección de soldadura y se pule la reja | | 15 | | |
| Se masilla la reja | | 10 | | |
| Se pinta la reja | | 15 | | |
| Se transporta la reja al area de almacenamiento | | 0,17 | 4 | |
| Almacenamiento de la estructura | | | | |

## Anexo X. Diagrama de recorrido mejora



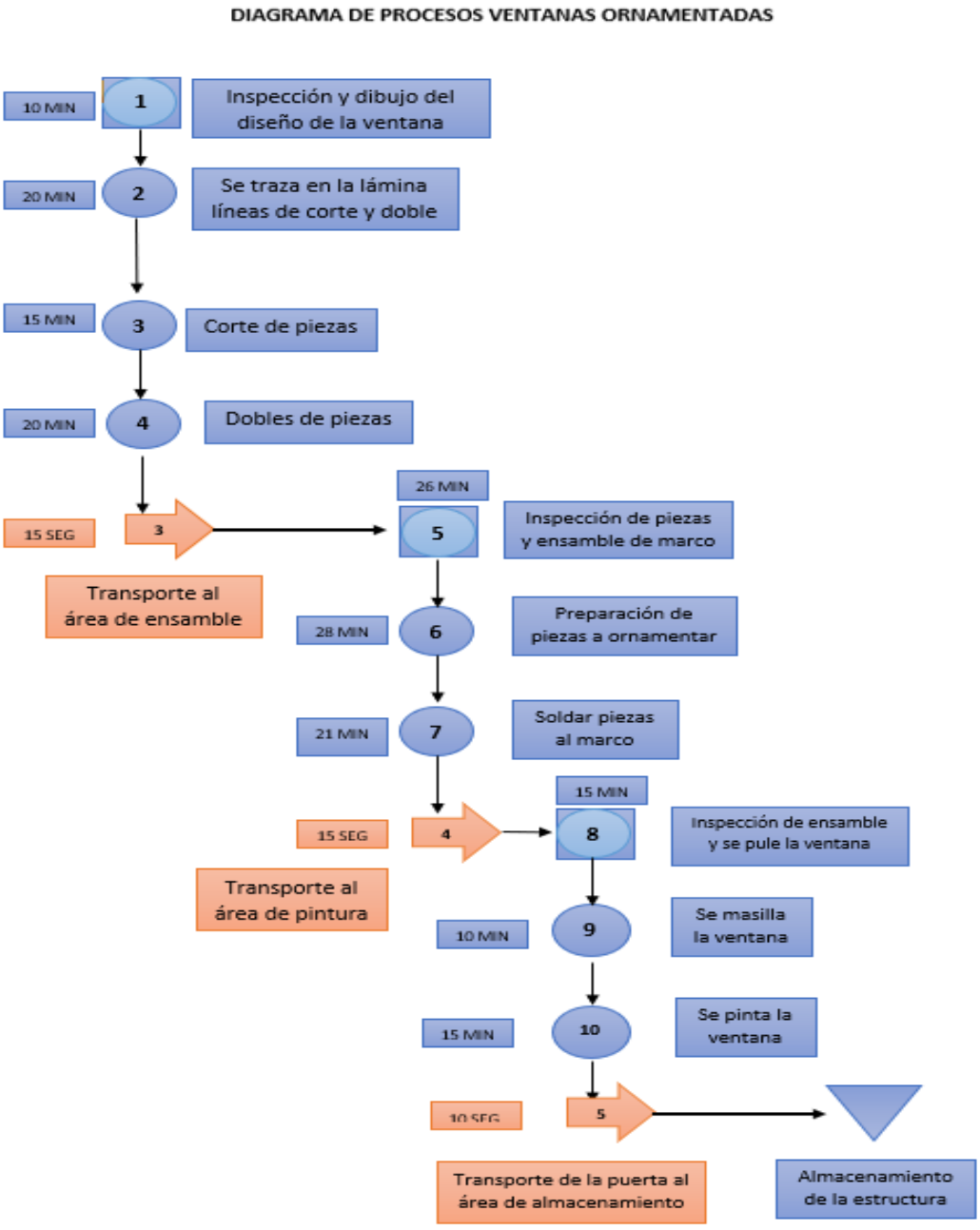
## Anexo Y. Diagrama de proceso para puertas mejora.




METÁLICAS VÁSQUEZ

| | |
|---|---|
| **Empresa:** | Metálicas Vásquez |
| **Grafico:** | Diagrama de prosceso puertas |
| **Fecha:** | 12/06/2019 |
| **Analista:** | Gustavo A. Vásquez |

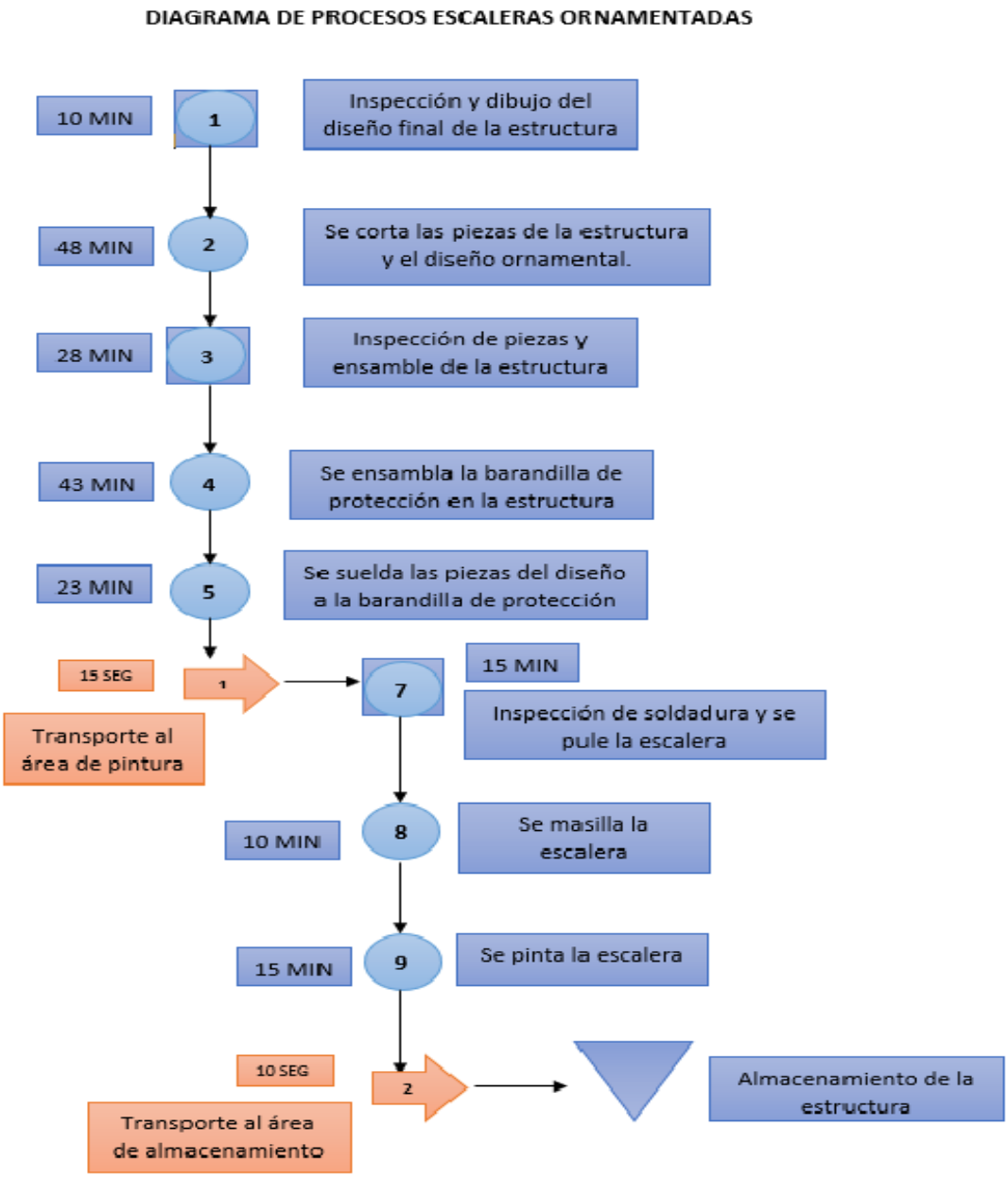
## Anexo Z. Diagrama de proceso para ventanas mejora.



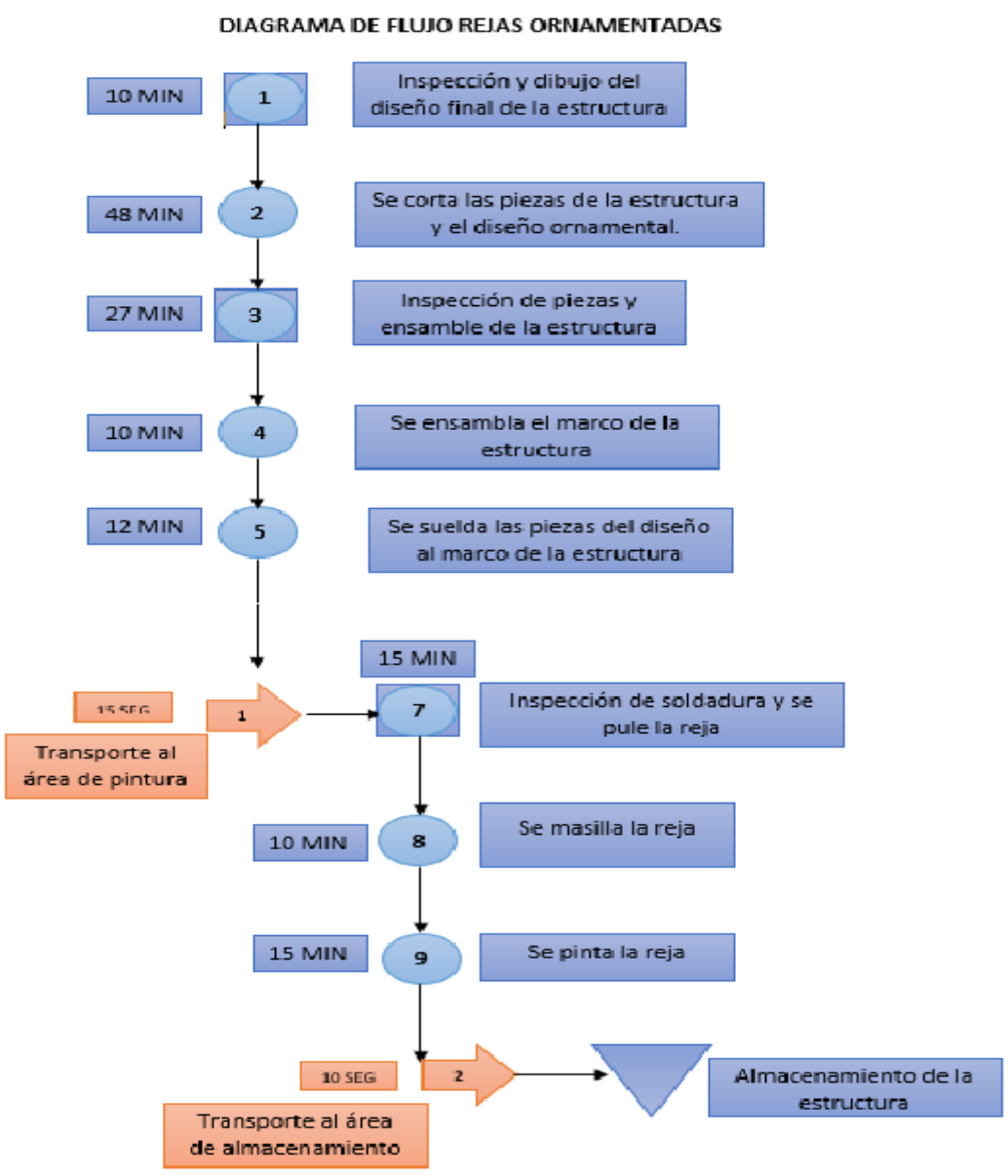

METÁLICAS VÁSQUEZ

| | |
|---|---|
| **Empresa:** | Metálicas Vásquez |
| **Grafico:** | Diagrama de prosceso ventanas |
| **Fecha:** | 12/06/2019 |
| **Analista:** | Gustavo A. Vásquez |

## Anexo AA. Diagrama de proceso para escaleras mejora.



**Anexo BB. Diagrama de proceso para rejas mejora.**




METÁLICAS VÁSQUEZ

| | |
|---|---|
| **Empresa:** | Metálicas Vásquez |
| **Grafico:** | Diagrama de prosceso rejas |
| **Fecha:** | 12/06/2019 |
| **Analista:** | Gustavo A. Vásquez |

## Anexo CC. Hoja maestra elaboración de piezas

**HOJA MAESTRA DE OPERACIÓN**

**METALICAS VASQUEZ**

**OPERACIÓN:** Elaboracion de piezas
**TIPO DE OPERACIÓN:** Manual
**SECCIÓN:** Elaboracion de piezas
**PRODUCTO:** Ventana
**OPERARIO:** Camilo Fuentes
**FECHA:** 5/10/2018
**ANALISTA:** Gustavo Vasquez

**Condiciones de trabajo:**
El operario permanece de pie durante todo el turno. Existe ruido de fondo ocasiona por las percusiones de las herramientas y las máquinas del taller pero sin llegar a ser irritante, se puede decir que en general las condiciones de la planta son adecuadas en cuanto a iluminación y ventilación.

**Ciclo de trabajo:**
El ciclo considerado para hacer el estudio se inicia cuando el operario diseña el proyecto siguiendo las especificaciones del cliente con el fin de trazar las piezas necesarias para su ensamblaje. Termina cuando las piezas requeridas para el ensamble del proyecto están debidamente dobladas.

| Elemento | Descripción | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| A: Diseño del proyecto. | El operario dibuja el proyecto en una hoja a mano alzada especificando tamaño, forma del diseño ornamental y color. | Cuando el operario empieza a trazar en la hoja del dibujo. | Cuando el cliente este satisfecho con el diseño y las especificaciones de su proyecto de su proyecto. |
| B:Trazado de lamina. | El operario traza las piezas necesarias para el proyecto en una lámina de aluminio siguiendo las especificaciones de tamaño acordadas con el cliente. | Cuando el operario toma el trazador artesanal para dibujar todas las piezas en la lamina de aluminio. | Cuando el operario traslada las piezas trazadas a la mesa de corte. |
| C: Corte de piezas. | El operario corta cada una de las láminas debidamente trazadas utilizando una cizalla. | Cuando el operario coloca todas las láminas a cortar en la mesa, y empieza a realizar el corte en la cizalla una lámina a la vez. | Cuando el operario junta todas las piezas cortadas y las transporta a la dobladora. |
| D: Dobles de piezas. | El operario dobla cada una de las piezas debidamente cortas siguiendo la línea de dobles, esta operación puede requerir asistencia debido al tamaño de algunas piezas. | Cuando el operario recibe y coloca cada una de la piezas a doblar en la maquina dobladora y procede a realizar el dobles una lámina a la vez. | Cuando el operario reúne todas las piezas dobladas para realizar el traslado al área de ensamble. |

## Anexo DD. Hoja maestra ensamble de estructuras

**HOJA MAESTRA DE OPERACIÓN**

**METALICAS VASQUEZ**

**OPERACIÓN:** Ensamble de estructuras
**TIPO DE OPERACIÓN:** Manual
**SECCIÓN:** Soldadura y Diseño ornamental
**PRODUCTO:** Ventana
**OPERARIO:** Ramiro Saavedra
**FECHA:** 5/10/2018
**ANALISTA:** Gustavo Vasquez

**Condiciones de trabajo:**
El operario permanece de pie durante todo el turno. Existe ruido de fondo ocasiona por las percusiones de las herramientas y las máquinas del taller llegando a ser irritante si no se cuenta con la proteccion adecuada, se puede decir que en general las condiciones de la planta son adecuadas en cuanto a iluminación y ventilación.

**Ciclo de trabajo:**
El ciclo considerado para hacer el estudio se inicia cuando el operario recibe el material previamente doblado. Termina cuando el operario suelda todos los componentes y entrega la estructura al area de acabados

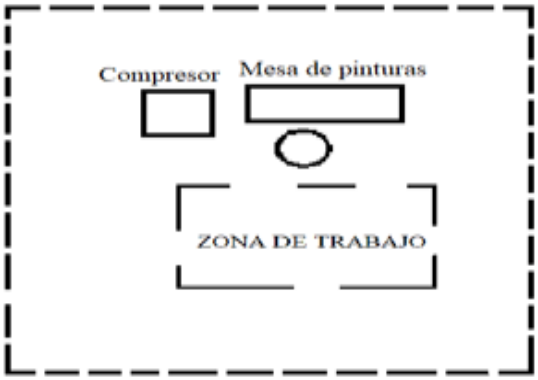
| Elemento | Descripción | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| A: Inspección de piezas y ensamble de marco. | El operario recibe las piezas dobladas y realiza una pequeña inspeccion juntandolas todas para formar el marco de la estructura si estas encajan se sueldan si no se devuelven las piezas para corregirlas. | Cuando el operario coloca la primera parte del marco de la estructura en la mesa de trabajo. | Cuando el operario haya soldado todo el marco de la estructura. |
| B: Preparación de piezas ornamentales | El operario corta y le da forma a los materiales que conforman el diseño ornamental siguiendo el boceto a mano alzada. | Cuando el operario busca los materiales que forman el diseño para cortarlos. | Cuando el operario haya cortado y moldeado todas las piezas necesarias para realizar el diseño |
| C: Soldar piezas ornamentales a la estructura | El operario suelda el diseño a la estructura y refuerza los demás puntos de soldadura. | Cuando el operario coloca el diseño en el marco de la estructura para soldarlo. | Cuando el operario haya reforzado todos los puntos de soldadura y llame a un ayudante para hacer entrega de la estructura. |

## Anexo EE. Hoja maestra acabado final.

**HOJA MAESTRA DE OPERACIÓN**

**METALICAS VASQUEZ**

**OPERACIÓN:** Acabado final
**TIPO DE OPERACIÓN:** Manual
**SECCIÓN:** Pulido, Masillado y Pintura
**PRODUCTO:** Ventana
**OPERARIO:** Mateo Rodriguez
**FECHA:** 5/10/2018
**ANALISTA:** Gustavo Vasquez




**Condiciones de trabajo:**
El operario permanece de pie durante todo el turno. Existe ruido de fondo ocasiona por las percusiones de las herramientas y las máquinas del taller llegando a ser irritante si no se cuenta con la protección adecuada, se puede decir que en general las condiciones de la planta son adecuadas en cuanto a iluminación, pero no cuenta con protección adecuada para protegerse de las emisiones de pintura.

**Ciclo de trabajo:**
El ciclo considerado para hacer el estudio se inicia cuando el operario recibe la estructura soldada. Termina cuando el operario translada la estructura con sus acabados terminados.

| Elemento | Descripción | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| A: Inspección de ensamble y pulido de estructura. | El operario recibe la estructura y realiza una pequeña inspección observando que las soldaduras estén bien elaboradas, una vez termina la inspección este procede a pulir todas las imperfecciones de la estructura. | Cuando el operario coloca la estructura en soportes para iniciar la inspección. | Cuando el operario haya pulido la totalidad de las imperfecciones de la estructura. |
| B: Masillado de estructura. | El operario cubre con masilla cada punto de soldadura pulido con el fin de evitar imperfecciones al momento de entregar la | Cuando el operario cubre la primera imperfección con masilla. | Cuando el operario termina de lijar la masilla sobrante. |
| C: Pintado de estructura. | El operario pinta la estructura siguiendo las instrucciones de el diseño a mano alzada. | Cuando el operario prepara la pintura siguiendo las instrucciones del diseño a mano alzada. | cuando el operario traslada la estructura pintada al almacén para su etapa de secado. |

## Anexo FF. Tablas de tensiones relativas.

Tabla I. Puntos asignados a las diversas tensiones: resumen

| Tipo de tensión | | | Grado | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bajo | Mediano | Alto |
| A. | *Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo* | | | | |
| | 1. | Fuerza ejercida en promedio | 0-85 | 0-113 | 0-149 |
| | 2. | Postura | 0-5 | 6-11 | 12-16 |
| | 3. | Vibraciones | 0-4 | 5-10 | 11-15 |
| | 4. | Ciclo breve | 0-3 | 4-6 | 7-10 |
| | 5. | Ropa molesta | 0-4 | 5-12 | 13-20 |
| B. | *Tensión mental* | | | | |
| | 1. | Concentración o ansiedad | 0-4 | 5-10 | 11-16 |
| | 2. | Monotonía | 0-2 | 3-7 | 8-10 |
| | 3. | Tensión visual | 0-5 | 6-11 | 12-20 |
| | 4. | Ruido | 0-2 | 3-7 | 8-10 |
| C. | *Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo* | | | | |
| | 1. | Temperatura | | | |
| | | Humedad baja | 0-5 | 6-11 | 12-16 |
| | | Humedad mediana | 0-5 | 6-14 | 15-26 |
| | | Humedad alta | 0-6 | 7-17 | 18-36 |
| Tipo de tensión | | | Grado | | |
| | | | Bajo | Mediano | Alto |
| | 2. | Ventilación | 0-3 | 4-9 | 10-15 |
| | 3. | Emanaciones de gases | 0-3 | 4-8 | 9-12 |
| | 4. | Polvo | 0-3 | 4-8 | 9-12 |
| | 5. | Suciedad | 0-2 | 3-6 | 7-10 |
| | 6. | Presencia de agua | 0-2 | 3-6 | 7-10 |

**Anexo GG. Tabla de conversión de puntos.**

**Tabla de conversión de los puntos**

Tabla V. Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos

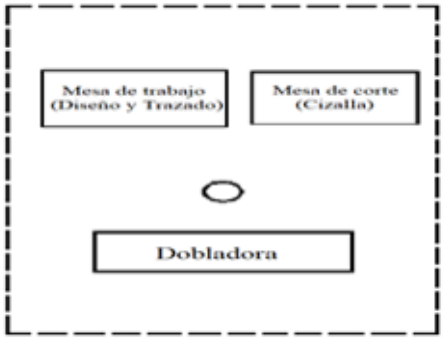
| Puntos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 |
| 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 20 | 13 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| 30 | 15 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 18 | 18 | 18 |
| 40 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 |
| 50 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 |
| 60 | 30 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 |
| 70 | 37 | 37 | 38 | 39 | 40 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
| 80 | 45 | 46 | 47 | 48 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 |
| 90 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 100 | 64 | 65 | 66 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 |
| 110 | 75 | 77 | 78 | 79 | 80 | 82 | 83 | 84 | 85 | 87 |
| 120 | 88 | 89 | 91 | 92 | 93 | 95 | 96 | 97 | 99 | 100 |
| 130 | 101 | 103 | 105 | 106 | 107 | 109 | 110 | 112 | 113 | 115 |
| 140 | 116 | 118 | 119 | 121 | 122 | 123 | 125 | 126 | 128 | 130 |

## Anexo HH. Hoja maestra elaboración de piezas Mejora

**HOJA MAESTRA DE OPERACIÓN**

**METALICAS VASQUEZ**

**OPERACIÓN:** Elaboracion de piezas
**TIPO DE OPERACIÓN:** Manual
**SECCIÓN:** Elaboracion de piezas
**PRODUCTO:** Ventana
**OPERARIO:** Camilo Fuentes
**FECHA:** 5/10/2018
**ANALISTA:** Gustavo Vasquez




**Condiciones de trabajo:**
El operario permanece de pie durante todo el turno. Existe ruido de fondo ocasiona por las percusiones de las herramientas y las máquinas del taller pero sin llegar a ser irritante, se puede decir que en general las condiciones de la planta son adecuadas en cuanto a iluminación y ventilación.

**Ciclo de trabajo:**
El ciclo considerado para hacer el estudio se inicia cuando el operario diseña el proyecto siguiendo las especificaciones del cliente con el fin de trazar las piezas necesarias para su ensamblaje. Termina cuando las piezas requeridas para el ensamble del proyecto están debidamente dobladas.

| Elemento | Descripción | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| A: Diseño del proyecto. | El operario dibuja el proyecto en una hoja a mano alzada especificando tamaño, forma del diseño ornamental y color. | Cuando el operario empieza a trazar en la hoja del dibujo. | Cuando el cliente este satisfecho con el diseño y las especificaciones de su proyecto de su proyecto. |
| B:Trazado de lamina. | El operario traza las piezas necesarias para el proyecto en una lámina de aluminio siguiendo las especificaciones de tamaño acordadas con el cliente. | Cuando el operario toma el trazador artesanal para dibujar todas las piezas en la lamina de aluminio. | Cuando el operario traslada las piezas trazadas a la mesa de corte. |
| C: Corte de piezas. | El operario corta cada una de las láminas debidamente trazadas utilizando una cizalla. | Cuando el operario coloca todas las láminas a cortar en la mesa, y empieza a realizar el corte en la cizalla una lámina a la vez. | Cuando el operario junta todas las piezas cortadas y las transporta a la dobladora. |
| D: Dobles de piezas. | El operario dobla cada una de las piezas debidamente cortas siguiendo la línea de dobles, esta operación puede requerir asistencia debido al tamaño de algunas piezas. | Cuando el operario recibe y coloca cada una de la piezas a doblar en la maquina dobladora y procede a realizar el dobles una lámina a la vez. | Cuando el operario reúne todas las piezas dobladas para realizar el traslado al área de ensamble. |

## Anexo II. Hoja maestra ensamble de estructuras Mejora

| HOJA MAESTRA DE OPERACIÓN | |
|---|---|
| METALICAS VASQUEZ | |
| **OPERACIÓN:** Ensamble de estructuras<br>**TIPO DE OPERACIÓN:** Manual<br>**SECCIÓN:** Soldadura y Diseño ornamental<br>**PRODUCTO:** Ventana<br>**OPERARIO:** Ramiro Saavedra<br>**FECHA:** 5/10/2018<br>**ANALISTA:** Gustavo Vasquez | |

**Condiciones de trabajo:**
El operario permanece de pie durante todo el turno. Existe ruido de fondo ocasiona por las percusiones de las herramientas y las máquinas del taller llegando a ser irritante si no se cuenta con la proteccion adecuada, se puede decir que en general las condiciones de la planta son adecuadas en cuanto a iluminación y ventilación.

**Ciclo de trabajo:**
El ciclo considerado para hacer el estudio se inicia cuando el operario recibe el material previamente doblado. Termina cuando el operario suelda todos los componentes y entrega la estructura al area de acabados

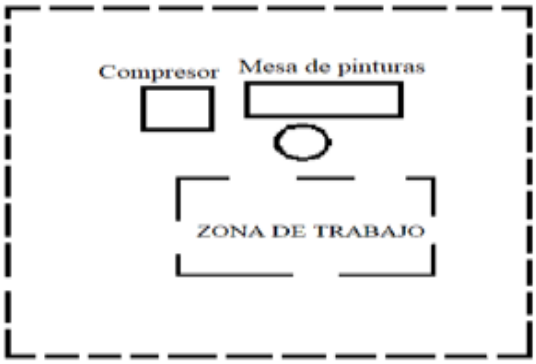
| Elemento | Descripción | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| A: Inspección de piezas y ensamble de marco. | El operario recibe las piezas dobladas y realiza una pequeña inspeccion juntandolas todas para formar el marco de la estructura si estas encajan se sueldan si no se devuelven las piezas para corregirlas. | Cuando el operario coloca la primera parte del marco de la estructura en la mesa de trabajo. | Cuando el operario haya soldado todo el marco de la estructura. |
| B: Preparación de piezas ornamentales | El operario corta y le da forma a los materiales que conforman el diseño ornamental siguiendo el boceto a mano alzada. | Cuando el operario busca los materiales que forman el diseño para cortarlos. | Cuando el operario haya cortado y moldeado todas las piezas necesarias para realizar el diseño |
| C: Soldar piezas ornamentales a la estructura | El operario suelda el diseño a la estructura y refuerza los demás puntos de soldadura. | Cuando el operario coloca el diseño en el marco de la estructura para soldarlo. | Cuando el operario haya reforzado todos los puntos de soldadura y llame a un ayudante para hacer entrega de la estructura. |

## Anexo JJ. Hoja maestra acabado final Mejora

**HOJA MAESTRA DE OPERACIÓN**

**METALICAS VASQUEZ**

**OPERACIÓN:** Acabado final
**TIPO DE OPERACIÓN:** Manual
**SECCIÓN:** Pulido, Masillado y Pintura
**PRODUCTO:** Ventana
**OPERARIO:** Mateo Rodriguez
**FECHA:** 5/10/2018
**ANALISTA:** Gustavo Vasquez




**Condiciones de trabajo:**
El operario permanece de pie durante todo el turno. Existe ruido de fondo ocasiona por las percusiones de las herramientas y las máquinas del taller llegando a ser irritante si no se cuenta con la protección adecuada, se puede decir que en general las condiciones de la planta son adecuadas en cuanto a iluminación, pero no cuenta con protección adecuada para protegerse de las emisiones de pintura.

**Ciclo de trabajo:**
El ciclo considerado para hacer el estudio se inicia cuando el operario recibe la estructura soldada. Termina cuando el operario translada la estructura con sus acabados terminados.

| Elemento | Descripción | Inicia | Termina |
|---|---|---|---|
| A: Inspección de ensamble y pulido de estructura. | El operario recibe la estructura y realiza una pequeña inspección observando que las soldaduras estén bien elaboradas, una vez termina la inspección este procede a pulir todas las imperfecciones de la estructura. | Cuando el operario coloca la estructura en soportes para iniciar la inspección. | Cuando el operario haya pulido la totalidad de las imperfecciones de la estructura. |
| B: Masillado de estructura. | El operario cubre con masilla cada punto de soldadura pulido con el fin de evitar imperfecciones al momento de entregar la | Cuando el operario cubre la primera imperfección con masilla. | Cuando el operario termina de lijar la masilla sobrante. |
| C: Pintado de estructura. | El operario pinta la estructura siguiendo las instrucciones de el diseño a mano alzada. | Cuando el operario prepara la pintura siguiendo las instrucciones del diseño a mano alzada. | cuando el operario traslada la estructura pintada al almacén para su etapa de secado. |

## Anexo KK. Regla C.D.S secuencia 1.

| FECHA | 17/02/2019 | | | 18/02/2019 | | | | | | | | 19/02/2019 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| HORA | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ABASTECIMIENTO | ABASTECIMIENTO PEDIDO 1 | | | | | | | ABASTECIMIENTO PEDIDO 2 | | | | | | | | | | | |
| P1 | | | | T2 | T1 | T5 | | | | | | T3 | T2 | T4 | | | | | |
| P2 | | | | T3 | | T4 | | T2 | | T1 | | T5 | T1 | | T3 | | T2 | | T4 |
| P3 | | | | | T3 | | T4 | | T2 | | T1 | | T5 | T1 | | T3 | | T2 | | T4 |
| ALMACENAMIENTO | | | | | | ALMACENAMIENTO PEDIDO 1 | | | | | | | | | ALMACENAMIENTO PEDIDO 2 | | | | |

| PEDIDO | TAREA | | TIEMPO (min) | | | FECHA DE ORDEN | HORA | FECHA DE INICIO | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | P1 | P2 | P3 | | | | |
| PEDIDO 1 | T1 | PUERTA ORNAMENTADA | 32 | 93 | 22 | 17/02/2019 | 3:00 P.M | 18/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | VENTANA ORNAMENTADA | 37 | 94 | 27 | | | | |
| | T3 | REJA ORNAMENTADA PARA PUERTA | 0 | 87 | 35 | | | | |
| | T4 | ESCALERA ORNAMENTADA | 0 | 98 | 40 | | | | |
| | T5 | VENTANA ORNAMENTADA | 35 | 90 | 20 | | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | REJA ORNAMENTADA | 0 | 97 | 40 | 18/02/2019 | 2:00 P.M | 19/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | PUERTA VENTANA | 32 | 90 | 20 | | | | |
| | T3 | VENTANAL ORNAMENTADO | 68 | 98 | 45 | | | | |
| | T4 | VENTANA ORNAMENTADA | 32 | 92 | 20 | | | | |

| | |
|---|---|
| SECUENCIA 1 | T3-T4-T2-T1-T5 |
| SECUENCIA 2 | T1-T3-T2-T4 |

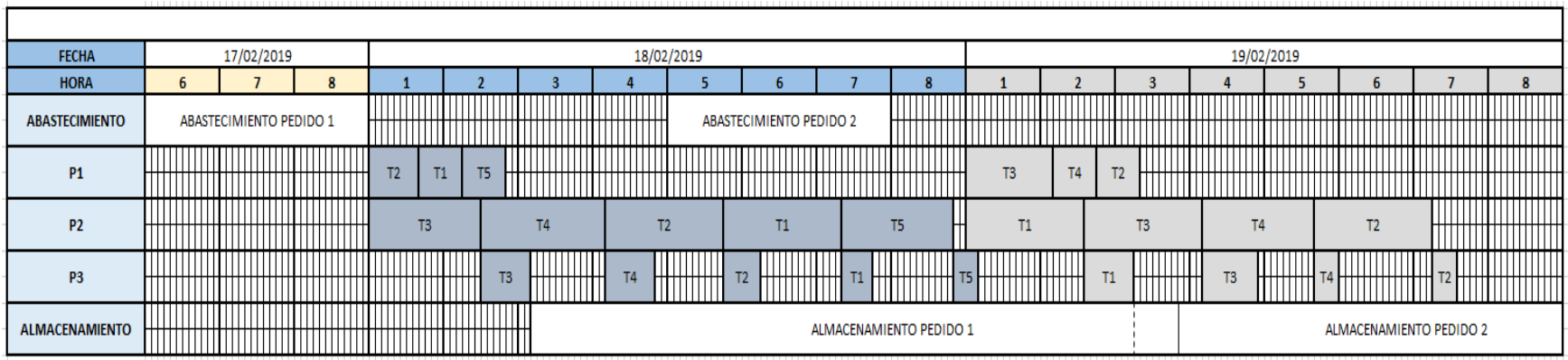
## Anexo LL. Diagrama de inicio y terminación para K=1.

| DIAGRAMA DE INICIO Y FINALIZACION | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PEDIDO | TAREA | P1 | P2 | P3 | CI | TNET | TET |
| PEDIDO 1 | T3 | 0 | 0/87 | 87/122 | 122 | 122 | 0 |
| | | 0 | 87 | 35 | | | |
| | T4 | 0 | 87/185 | 185/225 | 225 | 138 | 87 |
| | | 0 | 98 | 40 | | | |
| | T2 | 0/37 | 185/279 | 279/306 | 306 | 121 | 185 |
| | | 37 | 94 | 27 | | | |
| | T1 | 37/69 | 279/372 | 372/394 | 394 | 115 | 279 |
| | | 32 | 93 | 22 | | | |
| | T5 | 69/104 | 372/462 | 462/482 | 482 | 110 | 372 |
| | | 35 | 90 | 20 | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | 0 | 0/97 | 97/137 | 137 | 137 | 0 |
| | | 0 | 97 | 40 | | | |
| | T3 | 0/68 | 97/195 | 195/240 | 240 | 143 | 97 |
| | | 68 | 98 | 45 | | | |
| | T2 | 68/100 | 195/285 | 285/305 | 305 | 110 | 195 |
| | | 32 | 90 | 20 | | | |
| | T4 | 100/132 | 285/377 | 377/397 | 397 | 112 | 285 |
| | | 32 | 92 | 20 | | | |

| MAKESPAN | MINUTOS | HORAS |
|---|---|---|
| PEDIDO 1 | 482 | 8,03 |
| PEDIDO 2 | 397 | 6,62 |

| TEPpromedio | MINUTOS | HORAS |
|---|---|---|
| PEDIDO 1 | 184,6 | 3,08 |
| PEDIDO 2 | 144,25 | 2,40 |

## Anexo MM. Regla C.D.S secuencia 2.




| PEDIDO | | TAREA | TIEMPO (min) P1 | P2 | P3 | FECHA DE ORDEN | HORA | FECHA DE INICIO | HORA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PEDIDO 1 | T1 | PUERTA ORNAMENTADA | 32 | 93 | 22 | 17/02/2019 | 3:00 P.M | 18/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | VENTANA ORNAMENTADA | 37 | 94 | 27 | | | | |
| | T3 | REJA ORNAMENTADA PARA PUERTA | 0 | 87 | 35 | | | | |
| | T4 | ESCALERA ORNAMENTADA | 0 | 98 | 40 | | | | |
| | T5 | VENTANA ORNAMENTADA | 35 | 90 | 20 | | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | REJA ORNAMENTADA | 0 | 97 | 40 | 18/02/2019 | 2:00 P.M | 19/02/2019 | 7:00 A.M |
| | T2 | PUERTA VENTANA | 32 | 90 | 20 | | | | |
| | T3 | VENTANAL ORNAMENTADO | 68 | 98 | 45 | | | | |
| | T4 | VENTANA ORNAMENTADA | 32 | 92 | 20 | | | | |

| | |
|---|---|
| SECUENCIA 1 | T3-T4-T2-T1-T5 |
| SECUENCIA 2 | T1-T3-T4-T2 |

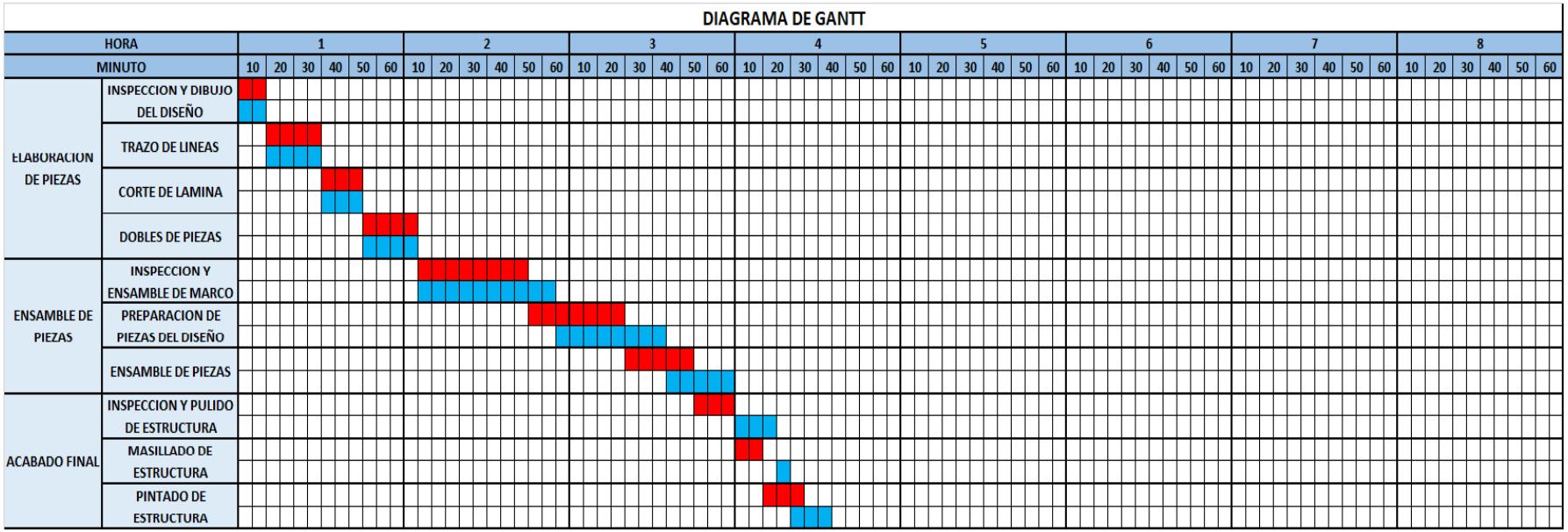
## Anexo NN. Diagrama de inicio y terminación para K=2.

| DIAGRAMA DE INICIO Y FINALIZACION | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PEDIDO | TAREA | P1 | P2 | P3 | CI | TNET | TET |
| PEDIDO 1 | T3 | 0 | 0/87 | 87/122 | 122 | 122 | 0 |
| | | 0 | 87 | 35 | | | |
| | T4 | 0 | 87/185 | 185/225 | 225 | 138 | 87 |
| | | 0 | 98 | 40 | | | |
| | T2 | 0/37 | 185/279 | 279/306 | 306 | 121 | 185 |
| | | 37 | 94 | 27 | | | |
| | T1 | 37/69 | 279/372 | 372/394 | 394 | 115 | 279 |
| | | 32 | 93 | 22 | | | |
| | T5 | 69/104 | 372/462 | 462/482 | 482 | 110 | 372 |
| | | 35 | 90 | 20 | | | |
| PEDIDO 2 | T1 | 0 | 0/97 | 97/137 | 137 | 137 | 0 |
| | | 0 | 97 | 40 | | | |
| | T3 | 0/68 | 97/195 | 195/240 | 240 | 143 | 97 |
| | | 68 | 98 | 45 | | | |
| | T4 | 68/100 | 195/287 | 287/307 | 307 | 112 | 195 |
| | | 32 | 92 | 20 | | | |
| | T2 | 100/132 | 287/377 | 377/397 | 397 | 110 | 287 |
| | | 32 | 90 | 20 | | | |

| MAKESPAN | MINUTOS | HORAS |
|---|---|---|
| PEDIDO 1 | 482 | 8,03 |
| PEDIDO 2 | 397 | 6,62 |

| TEPpromedio | MINUTOS | HORAS |
|---|---|---|
| PEDIDO 1 | 184,6 | 3,08 |
| PEDIDO 2 | 144,75 | 2,41 |

## Anexo OO. Cursograma de Gantt para el control de la producción.




| DATOS | | |
|---|---|---|
| FECHA DE INICIO | 07 DE JUNIO DEL 2019 | |
| TIPO DE ESTRUCTURA | VENTANA ORNAMENTADA | |
| NUMERO DE ARTICULOS | 1 | |
| PARTICIPANTES | E. PIEZAS | JUAN R. |
| | ENSAMBLE | DANIEL M. |
| | ACABADOS | IVAN F. |
| TIEMPO ESTIMADO DE PRODUCCION (hrs) | 3,42 | |
| TIEMPO DE FINALIZACION (hrs) | 3,58 | |
| FECHA DE ENTREGA | 10 DE JUNIO DEL 2019 | |

| | |
|---|---|
| | Tiempo estimado |
| | Tiempo Real |

## Anexo PP. Formato Orden de producción.

| METÁLITAS VÁSQUEZ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ORDEN DE PRODUCCION | | | | | | No: 0001 |
| DATOS SOBRE EL PRODUCTO A FABRICAR | | | | | | |
| Articulo: | | | Cantidad: | | | |
| Fecha de inicio: | | | Fecha de Finalizacion: | | | |
| DISEÑO | | | ESPECIFICACIONES | | | |
| | | | Alto: | | | |
| | | | Ancho: | | | |
| | | | Color: | | | |
| | | | Material: | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| CONCEPTO | MATERIAL DIRECTO | MANO DE OBRA DIRECTA | COSTOS INDIRECTOS | TOTAL | UNIDADES | COSTO UNITARIO |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | |

Elaborado por:_____ Autorizado por:_____ Control de contabilidad:_____

METÁLICAS VÁSQUEZ

## Anexo QQ. Requerimiento de material.

| REQUERIMIENTO DE MATERIAL | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| NOMBRE: | | | | | |
| AREA: | | | | | |
| N° | MATERIA PRIMA | CANTIDAD | FECHA DE SOLICITUD | FECHA DE ENTREGA | FIRMA |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |

METÁLICAS VÁSQUEZ

## Anexo RR.. Formato proyecto realizado.

| METÁLITAS VÁSQUEZ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PROYECTO REALIZADO | | | | | | |
| NUMERO DEL PROYECTO: | | | ESPECIFICACIONES | | | |
| ARTICULO: | | | | | | |
| CANTIDAD: | | | | | | |
| INTEGRANTES | | | | | | |
| | | | DISEÑO | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| AREA | NOMBRE | FECHA DE INICIO | M^2 CONSTRUIDO | FECHA DE FINALIZACIÓN | ERRORES PRESENTADOS | FIRMA |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

METÁLICAS VÁSQUEZ