



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA
ELABORACIÓN DE PUERTAS PANELADAS UTILIZANDO EL
ESTUDIO DE MÉTODOS Y LA MEDICIÓN DEL TRABAJO EN
INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA EN EL CANTÓN GUANO”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: DENNIS PATRICIO TITO GUANUCHE

DIRECTORA: ING. DORIS LISBETH MOSQUERA GUANOLUISA

**Riobamba–Ecuador
2019**

©2019, DENNIS PATRICIO TITO GUANUCHE

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA ESPOCH**

Yo, DENNIS PATRICIO TITO GUANUCHE, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos.

Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de julio de 2019



Dennis Patricio Tito Guanuche
Cedula de Identidad: 060449761-0

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITECÉNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación que: El trabajo de titulación: Tipo: PROYECTO TÉCNICO, “OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE PUERTAS PANELADAS UTILIZANDO EL ESTUDIO DE MÉTODOS Y LA MEDICIÓN DEL TRABAJO EN INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA EN EL CANTÓN GUANO”, realizado por el señor: DENNIS PATRICIO TITO GUANUCHE, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud del Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>2019-07-24</u>
Ing. Doris Lisbeth Mosquera Guanoluisa DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2019-07-24</u>
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde MIEMBRO DEL TRIBUNAL		<u>2019-07-24</u>

DEDICATORIA

Culminar este trabajo es de gran trascendencia en mi camino de superación, todo el esfuerzo y empeño se lo dedico a mi abuelitos Zoila Ruilova y Miguel Tito, a mi tío Byron Tito, quienes a pesar de no ser mis padres me han ayudado en todo momento para alcanzar este sueño. A mi madre María Guanuche y hermano Paul Tito porque siempre han sido un ejemplo a seguir. Con gran admiración a mi esposa Mayra Villacís e hija Amalia Tito quienes me han apoyado en los momentos más difíciles esperando también que algún día me perdonen por mis malas decisiones en el pasado y así surgir en esta nueva etapa de mi vida.

DENNIS PATRICIO TITO GUANUCHE

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Industrial y a sus docentes, por permitirme formarme y obtener mi título profesional y ser una persona útil para la sociedad.

Al Ing. Doris Mosquera, director y al Ing. Iván Acosta miembro del trabajo de titulación; por su contribución a la ejecución y culminación del presente.

A mis amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

DENNIS PATRICIO TITO GUANUCHE

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY / ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Ingeniería de métodos	5
2.1.1 <i>Estudio de métodos</i>	6
2.1.2 <i>Medición del trabajo</i>	7
2.1.3 <i>Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo</i>	7
2.2 Finalidad del estudio de métodos y tiempos	9
2.2.1 <i>Desarrollo del método</i>	10
2.2.2 <i>Normalización de la Operación</i>	10
2.2.3 <i>Determinación del tiempo tipo</i>	10
2.2.4 <i>Adiestramiento del Operario</i>	11
2.3 Productividad	11
2.4 Técnicas para el análisis de procesos.....	12
2.4.1 <i>Diagrama de proceso</i>	13

2.4.2	<i>Diagrama de recorrido</i>	15
2.4.3	<i>Pasos para elaborar un diagrama de proceso y recorrido</i>	16
2.4.4	<i>Diagrama de operaciones</i>	17
2.5	Desarrollo de un método mejorado	18
2.6	Estudio de tiempos	18
2.6.1	<i>Requerimientos para el estudio de tiempos</i>	18
2.6.2	<i>Equipo para el estudio de tiempos</i>	19
2.6.3	<i>Número de ciclos a cronometrarse</i>	21
2.6.4	<i>Tiempo tipo</i>	22
2.6.5	<i>Takt time</i>	23
2.7	Estadístico de prueba para la comparación de medias	23
2.8	Diagrama de caja	24
2.9	Metodología 5S	24
2.10	Gestión de riesgos	26
2.10.1	<i>Riesgos laborales</i>	26
2.10.2	<i>Clasificación de riesgos</i>	26
2.10.3	<i>Identificación y evaluación</i>	26

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	29
3.1	Identificación de la empresa	29
3.2	Información general	30
3.3	Misión y Visión	30
3.3.1	<i>Misión:</i>	30
3.3.2	<i>Visión:</i>	30
3.4	Organigrama Estructural	30
3.5	Productos que oferta	31
3.6	Distribución de planta	32
3.7	Identificación de puestos de trabajo	32
3.8	Estudio de métodos y tiempos	33
3.8.1	<i>Diagrama de flujo de proceso</i>	34
3.8.2	<i>Diagrama de proceso</i>	36
3.8.3	<i>Ánalysis de riesgos en el proceso de producción</i>	37

3.8.4	<i>Diagrama de Pareto</i>	52
3.8.5	<i>Diagrama de recorrido</i>	53
3.8.6	<i>Diagrama de actividades múltiples</i>	56
3.8.7	<i>Diagrama bimanual</i>	58
3.9	Tiempo tipo.....	59
3.9.1	<i>División de la operación en elementos</i>	60
3.9.2	<i>Toma y registro de datos</i>	60
3.9.3	<i>Número de ciclos a cronometrarse</i>	62
3.9.4	<i>Cálculo del tiempo tipo</i>	63
3.10	Cálculo del takt time	64
3.11	Análisis del estudio de métodos y tiempos actuales	65
3.12	Análisis de costos (Situación Inicial).....	66

CAPÍTULO IV

4.	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO	71
4.1	Diagrama de flujo de proceso mejorado	72
4.2	Adquisición de una cortadora	73
4.2.1	<i>Período de recuperación de la inversión</i>	73
4.3	Redistribución de planta	74
4.3.1	<i>Diagrama de recorrido</i>	75
4.4	Manual para el orden y control de herramientas.....	77
4.4.1	<i>Propuesta de aplicación 5S</i>	78
4.4.2	<i>Resultados de la implementación del manual</i>	83
4.5	Adquisición de portacandados	84
4.6	Balanceo de puntos críticos	84
4.6.1	<i>Personal de trabajo</i>	85
4.6.2	<i>Distribución del trabajo</i>	85
4.6.3	<i>Diagrama de proceso</i>	86
4.6.4	<i>Diagrama de Pareto</i>	89
4.6.5	<i>Diagrama de actividades múltiples</i>	89
4.6.6	<i>Diagrama bimanual</i>	91
4.6.7	<i>Hoja estandarizada del proceso</i>	91
4.7	Tiempo tipo.....	92

4.7.1	<i>División de la operación en elementos</i>	92
4.7.2	<i>Toma y registro de datos</i>	92
4.7.3	<i>Cálculo del tiempo tipo</i>	93
4.8	Takt time	94
4.9	Análisis de costos.....	95
4.10	Análisis de la productividad	97
4.11	Resultados	98
4.12	Aplicación del estadístico de prueba para la comparación de medias	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		104
Conclusiones.....		104
Recomendaciones		105
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Línea de puertas principales	31
Tabla 2-3: Identificación de puestos de trabajo	32
Tabla 3-3: Proceso de producción de puertas paneladas	34
Tabla 4-3: Diagrama de flujo de proceso	35
Tabla 5-3: Diagrama Analítico del proceso actual N° 01	36
Tabla 6-3: Resumen, actividades del proceso actual de elaboración.....	37
Tabla 7-3: Identificación de puestos de trabajo	43
Tabla 8-3: Diagrama analítico del proceso	44
Tabla 9-3: Análisis de riesgos.....	45
Tabla 10-3: Factores de riesgo.....	46
Tabla 11-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.....	47
Tabla 12-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.....	47
Tabla 13-3: Factores de riesgo.....	48
Tabla 14-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.....	48
Tabla 15-3: Factores de riesgo.....	49
Tabla 16-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.....	49
Tabla 17-3: Factores de riesgo.....	50
Tabla 18-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.....	50
Tabla 19-3: Equipos de protección personal producción de puertas paneladas	51
Tabla 20-3: Matriz de análisis de riesgo del trabajo.....	52
Tabla 21-3: Diagrama de actividades múltiples	56
Tabla 22-3 (Continúa): Diagrama de actividades múltiples.....	57
Tabla 23-3: Diagrama bimanual del proceso de soldadura (marco).....	58
Tabla 24-3: Diagrama bimanual del proceso de soldadura (tol).....	59
Tabla 25-3: Registro de tiempos actuales	61
Tabla 26-3: Lectura del cronometro del elemento 3.....	62
Tabla 27-3: Costo MOD (Situación Inicial)	67
Tabla 28-3: Costo MOD (Dos operarios)	67
Tabla 29-3: Costo total (MOD)	68
Tabla 30-3: Costo materiales directos (Situación Inicial)	69
Tabla 31-3: Costo total (Situación Actual)	69
Tabla 1-4: Oportunidades de mejora	71

Tabla 2-4: Diagrama de flujo de proceso propuesto.....	72
Tabla 3-4: Periodo de recuperación.....	74
Tabla 4-4: Plan de acción 5'S.....	78
Tabla 5-4: Política Interna de las 5'S.....	80
Tabla 6-4: Implementación manual de herramientas.....	83
Tabla 7-4: Implementación del manual.....	83
Tabla 8-4: Operarios en el proceso.....	85
Tabla 9-4: Distribución del trabajo.....	86
Tabla 10-4: Diagrama analítico de proceso mejorado N° 01.....	87
Tabla 11-4: Diagrama analítico de proceso mejorado N° 02.....	87
Tabla 12-4: Resumen, actividades del proceso actual de elaboración.....	88
Tabla 13-4: Tiempo de producción.....	88
Tabla 14-4: Diagrama de actividades múltiples.....	90
Tabla 15-4: Diagrama bimanual.....	91
Tabla 16-4: Hoja estandarizada del proceso.....	92
Tabla 17-4: Registro de tiempos.....	93
Tabla 18-4: Costo MOD (Dos operarios).....	95
Tabla 19-4: Costo MOD (Operario, Área de pintura).....	96
Tabla 20-4: Costo total (MOD).....	96
Tabla 21-4: Costo materiales directos (Situación Inicial).....	97
Tabla 22-4: Costo total (Situación Actual).....	97
Tabla 23-4: Situación inicial vs mejora.....	99
Tabla 24-4: Datos de productividad.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2 Ingeniería de métodos	5
Figura 2-2 Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo	8
Figura 3-2 Finalidad del estudio de métodos y la medición del trabajo	10
Figura 4-2 Símbolos para el diagrama de procesos	14
Figura 5-2 Formato para el diagrama de proceso	15
Figura 6-2: Estrategia de identificación y evaluación de riesgos	27
Figura 7-2: Cualificación matriz de análisis y evaluación por puesto de trabajo INSHT ...	28
Figura 1-3: Instalaciones Industrias Metálicas Vilema	29
Figura 2-3: Ubicación Industrias Metálicas Vilema “IMEV”	29
Figura 3-3: Organigrama Estructural IMEV	31
Figura 4-3: Diagrama de recorrido	54
Figura 5-3: Diagrama de recorrido, mesa de corte	55
Figura 6-3: Diagrama de recorrido, mesa de trabajo	55
Figura 7-3: Manejo ineficiente de materiales	66
Figura 8-3: Marco de la puerta	68
Figura 1-4: Diagrama causa-efecto	71
Figura 2-4: Cortadora Stanley Ssc22	73
Figura 3-4: Redistribución de planta	75
Figura 4-4: Diagrama de recorrido	76
Figura 5-4: Diagrama de recorrido, mesa de corte y mesa de trabajo	77
Figura 6-4: Reglas básicas para ordenar	82
Figura 7-4: Portacandado	84
Figura 8-4: Comparación de la productividad	99
Figura 9-4: Comparación de costos	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Diagrama de Pareto	53
Gráfico 2-3: Toma de tiempos del proceso actual	61
Gráfico 3-3: Comparación takt time y productividad	65
Gráfico 4-3: Análisis de la productividad.....	70
Gráfico 1-4: Criterios de selección (Seiri).....	81
Gráfico 2-4: Diagrama de Pareto	89
Gráfico 3-4: Toma de tiempos del proceso mejorado	93
Gráfico 4-4: Comparación takt time y productividad.....	95
Gráfico 5-4: Análisis de la productividad.....	98
Gráfico 6-4: Comparación de tiempos.....	99
Gráfico 7-4: Diagrama de caja, proceso inicial	102
Gráfico 8-4: Diagrama de caja, proceso mejorado	102
Gráfico 9-4: Comparación de medias, diagrama de caja.....	103

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Computer Aided Design (Dibujo Asistido por Computadora).
EPP	Equipo de Protección Personal.
EPI	Equipo de Protección Individual.
MOD	Mano de Obra Directa.
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Distribución de planta.
- Anexo B:** Diagrama de recorrido actual.
- Anexo C:** Redistribución de planta.
- Anexo D:** Diagrama de recorrido propuesto.
- Anexo E:** Manual para el orden y control de herramientas.
- Anexo F:** T Student.
- Anexo G:** Dotación de equipos de protección personal.
- Anexo H:** Tabla T Student.

RESUMEN

La finalidad del proyecto técnico es optimizar la productividad en la elaboración de puertas paneladas utilizando el estudio de métodos y la medición del trabajo en Industrias Metálicas Vilema. En cuanto a la metodología: para la situación inicial y mejorada del proceso se aplicó las siguientes herramientas de métodos y tiempos: diagramas de flujo, proceso, recorrido, de actividades múltiples, bimanual y Pareto. Además se utilizó herramientas CAD, como el software Solidworks y Visio para diseñar los diagramas de recorrido y la distribución de planta. En el estudio de métodos actual se determinó un tiempo de producción de 12.59 horas, un tiempo tipo de 13.47 horas, un costo de 202.16 dólares y una productividad del 7.9%. Mediante el desarrollo de un método mejorado que consistió en unificar operaciones y eliminar otras, redistribución de planta, elaboración de un manual de orden y control de herramientas y adquisición de una cortadora se obtuvo un tiempo de producción de 6.79 horas, tiempo tipo de 7.13 horas y un costo de producción promedio de 184.53 dólares. Se evaluó la mejora alcanzada y el tiempo de producción se redujo 5.80 horas, el tiempo tipo se redujo 6.34 horas y el costo de producción por cada puerta panelada se redujo 17.63 dólares. En conclusión mediante la implementación del estudio de métodos se elevó la productividad, actualmente por cada hora se fabrica el 14.73% de una puerta panelada a contraste del 7.9% que se fabricaba inicialmente. Finalmente se recomienda hacer tomas de tiempos periódicamente al menos una vez a la semana para monitorear la productividad de la línea de producción de puertas paneladas.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TIEMPO TIPO>, <PRODUCTIVIDAD>, <PRODUCCIÓN>, <OPTIMIZACIÓN>, <MEDICIÓN DEL TRABAJO>, <TAKT TIME>



ABSTRACT

The purpose of the technical project is to optimize productivity in the production of paneled doors using the study of methods and the measurement of work in Vilema Metal Industries. Regarding the methodology: for the initial and improved situation of the process, route, of multiple activities, bimanual and Pareto. In addition, CAD tools such as Solidworks and Visio software were used to design the path diagrams and plant layout. In the current study of methods, a production time of 12.59 hours, a standard time of 13.47 hours, a cost of \$ 202.16 and a productivity of 8% were determined. Through the development of an improved method that consisted of unifying operations and eliminating others, plant redistribution, preparation of an order manual and control of tools and acquisition of a cutter, a production time of 6.79 hours was obtained, type time of 7.13 hours and average production cost of \$ 184.53. The improvement achieved was evaluated and the production time was reduced 5.80 hours, the standard time was reduced 6.34 hours and the cost of production for each paneled door was reduced by 17.63 dollars. In conclusion, through the implementation of the study of methods productivity was raised, currently for every hour 14.73% of a paneled contrast door of 7.9% is manufactured that is initially manufactured. Finally it is recommended to take time periodically at least once a week to monitor the productivity of the paneled door production line.

KEY WORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <TYPE TIME>, <PRODUCTIVITY>, <PRODUCTION>, <OPTIMIZATION>, <WORK MEASUREMENT>, <TAKT TIME>.



INTRODUCCIÓN

Según INEN (2018) el sector metalmeccánico aporta aproximadamente el 10% del producto interno bruto manufacturero no petrolero del Ecuador y por este motivo es considerado uno de los pilares de la industria manufacturera. Genera más de 80.000 puestos de trabajo y es una de las industrias con más influencia en la economía del país, por este motivo es importante aportar e impulsar el desarrollo del sector metalmeccánico mediante la mejora de procesos a través de herramientas operativas como el estudio de métodos y tiempos.

Industrias Metálicas Vilema (IMEV), empresa cerrajera líder de la provincia de Chimborazo, es reconocida por el Municipio de Guano como una organización importante que aporta al desarrollo industrial y genera empleo en el cantón Guano. La empresa cuenta con productos como verjas, defensas, pasamanos, puertas de garage, techos con estructuras, productos en vidrio templado y la línea de puertas principales.

Mediante una investigación de campo realizada en el proceso de fabricación de puertas paneladas se determinó que en la línea de producción existe una baja productividad, lo cual es consecuencia de los tiempos improductivos, métodos no estandarizados, operaciones innecesarias en el proceso, demoras y manejo empírico del proceso, es decir, las operaciones que se llevan a cabo se realizan únicamente a base de la experiencia del operario y no cuentan con el análisis técnico adecuado y desarrollado por un personal capacitado en el estudio de métodos y tiempos; bajo este contexto se ha visto la necesidad de actualizar y optimizar sus métodos y procesos de trabajo para incrementar su productividad.

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. El estudio de métodos tiene como fin encontrar el procedimiento ideal, lo cual conduce a mejorar la productividad, aumentando el rendimiento de la mano de obra, la utilización de maquinaria e instalaciones y optimizando recursos.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La línea base del conocimiento del presente trabajo de titulación se establece a través de la recopilación y el análisis de investigaciones relacionadas con la optimización de la productividad mediante la aplicación del estudio de métodos y la medición del trabajo. Los antecedentes investigativos más relevantes se detallan a continuación.

- Una primera investigación corresponde a (Coba, 2019) autora del trabajo “Mejora de la productividad en la empresa FOODSANU” quien mediante la aplicación del estudio de métodos y la medición del trabajo determinó que los problemas en su línea de producción, estaban mayoritariamente dados por la falta de control adecuado de temperaturas y tiempos en el proceso de empaque y mal manejo del producto final. Al implementar el estudio de métodos y tiempos logró incrementar la productividad en un 13 %. En la fase de análisis de la situación actual de la empresa se determinó que es indispensable estandarizar los procesos y definir puntos críticos de control para elevar la productividad de la empresa.
- Una segunda investigación corresponde a (Mencias, 2019) autora del trabajo “Propuesta de mejora de la productividad en la empresa Silvanita”. Mediante la estandarización de los elementos de trabajo, se determinó el tiempo necesario para procesar un lote considerando el factor de desempeño, el nivel de dificultad, y las condiciones ambientales de trabajo. El tiempo de ciclo de un lote con el método actual pasó de 280 a 263,35 minutos mientras que el segundo y tercer lote pasaron de 270 a 260,58 minutos. La línea pasó a producir aproximadamente un 20% más de lo que produce actualmente y su índice de productividad de mano de obra mejoró en 5,58 unidades productivas adicionales por cada hora hombre.
- Finalmente una tercera investigación corresponde a (Apushón, 2019) autora del trabajo “Incremento de la productividad en la empresa Plasticaucho” quien mediante

la aplicación del estudio de métodos y tiempos incrementó la productividad del proceso en un 33,3% por turno de trabajo, mientras que el tiempo de ciclo disminuyó en un 27,9%. Al finalizar el trabajo se evidenció la aplicabilidad del estudio de métodos y tiempos como una herramienta que permite obtener procesos ágiles, eficientes e innovadores en pro de la satisfacción del cliente a través de menores costos y tiempos de entrega.

Los antecedentes investigativos citados son relevantes para la presente investigación porque demuestran que mediante la aplicación del estudio de métodos y tiempos se pueden alcanzar resultados palpables como el incremento de la productividad a través de la optimización del proceso.

1.2 Planteamiento del problema

“Industrias Metálicas Vilema (IMEV)” empresa del sector metalmecánico del cantón Guano cuenta con una línea de producción de puertas paneladas, cuyo proceso se analizó mediante la aplicación de técnicas de la ingeniería de métodos y se determinó que posee una baja productividad; consecuencia de los tiempos improductivos, métodos no estandarizados, operaciones innecesarias en el proceso, demoras, manejo empírico del proceso, las operaciones se llevan a cabo únicamente a base de la experiencia del operario, no cuentan con el análisis técnico adecuado y desarrollado por un personal capacitado en el estudio de métodos y tiempos. La productividad de 7.9 % puerta/hora es baja ya que el takt time teórico es de 8h/puerta, pero la empresa actualmente trabaja con un tiempo de 12.5 h/puerta. En el análisis de la situación actual se determinó que la demora se produce en la operación de corte de tubos cuadrados ya que existe una cortadora común para todas las líneas de producción de la empresa y en múltiples ocasiones al momento de requerir su uso está siendo utilizada en la elaboración de otro producto. Otros factores que influyen en la baja productividad son: deficiente distribución de planta, método de trabajo inadecuado y manejo ineficiente de materiales. Bajo este contexto mediante la aplicación del estudio de métodos y tiempos se pretende erradicar los problemas citados y por ende elevar la productividad.

1.3 Justificación

La aplicación del estudio de métodos y tiempos en la línea de producción de puertas paneladas de “Industrias Metálicas IMEV” optimizó la productividad del proceso mediante la reducción del tiempo y costo de producción, alcanzando así un ahorro económico y un mayor beneficio para la empresa, lo cual se logró mediante el desarrollo y normalización del método de trabajo más adecuado que eliminó, modificó y simplificó toda operación innecesaria del proceso. Así mismo, al normalizar los métodos y tiempos, se logró una combinación más eficiente de hombre-máquina, brindándole al trabajador mayor facilidad para que realice su jornada de trabajo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Optimizar la productividad en la elaboración de puertas paneladas utilizando el estudio de métodos y la medición del trabajo en Industrias Metálicas Vilema en el cantón Guano.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del proceso productivo de puertas paneladas IMEV.
- Desarrollar un nuevo método de trabajo mediante la aplicación de técnicas de métodos y tiempos con el fin de minimizar el tiempo y el costo de producción de puertas paneladas IMEV.
- Evaluar la mejora alcanzada con la aplicación del estudio de métodos y tiempos en la línea de producción de puertas paneladas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ingeniería de métodos

La ingeniería de métodos se puede definir como el conjunto de procedimientos sistemáticos de las operaciones actuales para introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y permita que éste se realice en el menor tiempo posible y con una menor inversión de dinero por cada unidad producida. Se encarga de aumentar la productividad del trabajo, desechando todo desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo, al obtener beneficios y facilidad en cada tarea para mejorar la calidad de los productos. (Chugñay, 2016)

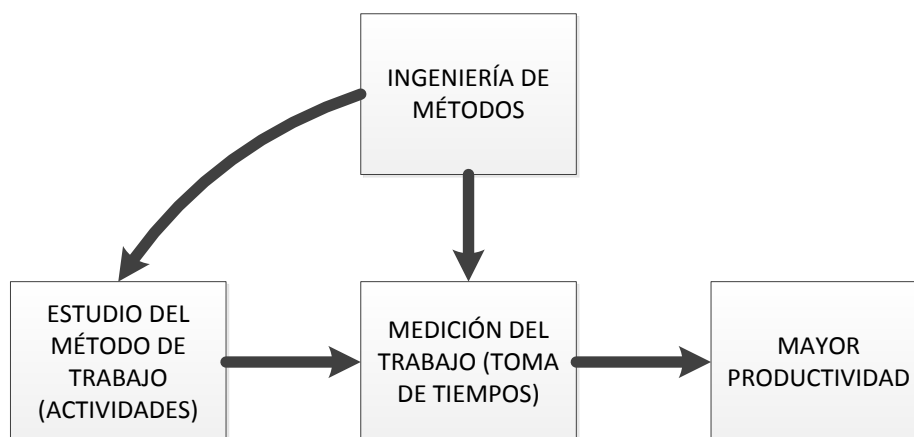


Figura 1-2 Ingeniería de métodos
Realizado por: (Chugñay, 2016)

Según Palacios (2016) la ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. Por tanto, se encarga de prever:

- Cómo puede una persona desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan.
- Qué método debe seguir y cuál debe ser la distribución de materiales, herramientas, accesorios y equipos en la estación de trabajo.

- Medir el trabajo para asignar cargos teniendo en cuenta los niveles de habilidad de las personas, los grados de mecanización, las condiciones de trabajo y el volumen o cantidad de productos o servicios.
- Aprovechamiento de recursos humanos conforme a sus competencias.
- Aprovechamiento del espacio en sus tres dimensiones.
- Aprovechamiento de equipos, por cuanto la inversión en los mismos es cada vez mayor.
- Eliminar toda clase de desperdicios en materiales, mano de obra, espacios, recursos económicos y financieros, etc.

2.1.1 Estudio de métodos

El estudio de métodos es una técnica del estudio del trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo. (García , 2016)

El estudio de métodos tiene como meta encontrar el método ideal o el más cercano, lo cual nos conduce a una mejor calidad del producto, menor costo de producción, mayor seguridad y comodidad del operario, aumentando el rendimiento de la mano de obra, la utilización de maquinaria e instalaciones. (Niebel, 2009)

El estudio de métodos es el registro y el examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces de reducir costos. (Instituto Británico de Normas, 2010)

El campo de estas actividades comprende: el diseño, formulación y selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para fabricar un producto después de que haya sido proyectado. Los términos análisis de operaciones, simplificación del trabajo e ingeniería de métodos se utilizan con frecuencia como sinónimos. En la mayoría de los casos se refieren a técnicas que tienden al aumento de la producción en la unidad de tiempo eliminando movimientos innecesarios. (Caso Neira, 2006)

2.1.2 Medición del trabajo

Según Salazar (2016) la Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. En el proceso de fijación de los tiempos estándar quizá sea necesario emplear la medición para:

- Comparar la eficacia de varios métodos, los cuales en igualdad de condiciones el que requiera de menor tiempo de ejecución será el óptimo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos, con ayuda de diagramas de actividades múltiples. Con el objetivo de efectuar un balance de los procesos.
- Determinar el número de máquinas que puede atender un operario.

Una vez que el tiempo estándar se ha determinado, este puede utilizarse para:

- Obtener la información de base para el programa de producción.
- Obtener información en qué basar cotizaciones, precios de venta y plazos de entrega.
- Fijar normas sobre el uso de la maquinaria y la mano de obra.
- Obtener información que permita controlar los costos de la mano de obra (incluso establecer planes de incentivos) y mantener costos estándar.

Dentro de las técnicas que se emplean en la medición del trabajo la más importante es el Estudio de Tiempos que es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

(Salazar, 2016)

2.1.3 Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo

En la siguiente figura se detalla el procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo.



Figura 2-2 Procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo
 Realizado por: (Niebel, 2009)

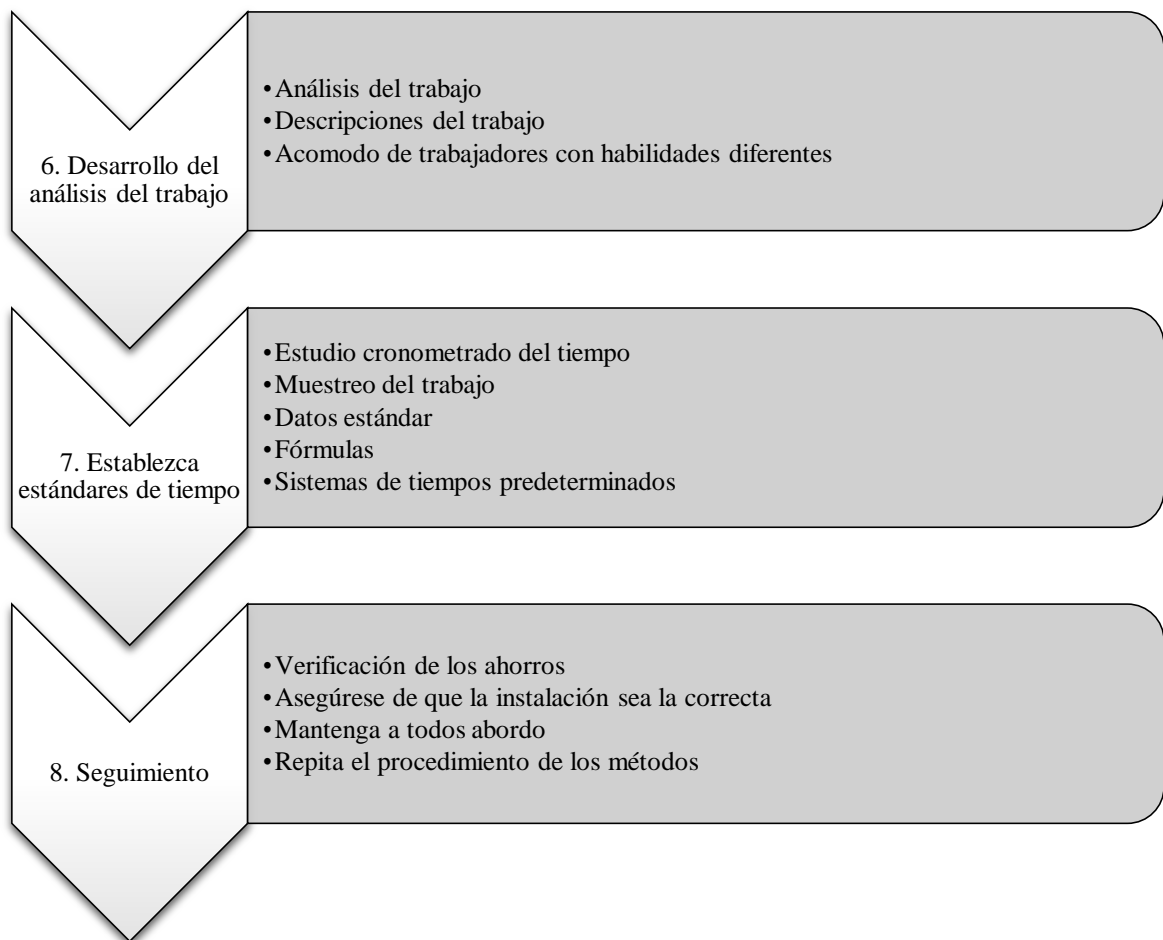


Figura 2-2 Continuación, procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo
 Realizado por: (Niebel, 2009)

2.2 Finalidad del estudio de métodos y tiempos

Según (Niebel, 2009) La finalidad del estudio de métodos y tiempos, o como también se lo conoce estudio de movimientos y tiempos, es:

- Desarrollar el método, con el menor costo.
- Normalizar el método.
- Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada y convenientemente adiestrada, realice cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal,
- Ayudar al operario a adiestrarse siguiendo el mejor método.

De acuerdo a los cuatro puntos citados anteriormente, el estudio de métodos y tiempos se resume en:

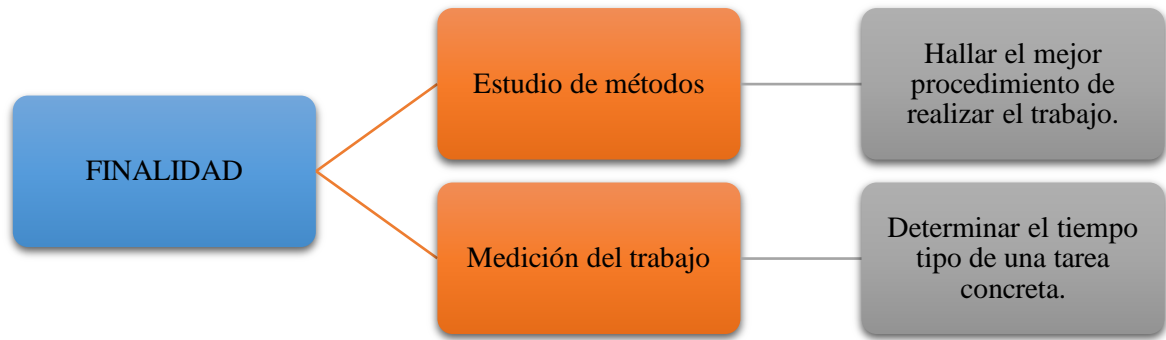


Figura 3-2 Finalidad del estudio de métodos y la medición del trabajo
 Realizado por: (Fernández, 2013)

2.2.1 *Desarrollo del método*

Según (Niebel, 2009) Para desarrollar el método más apropiado de producción se deben seguir los siguientes pasos:

- a) **Definición del problema.** - Determinar lo que se quiere hacer o conseguir.
- b) **Análisis del problema.** - ¿Cuáles son las causas del problema o porqué se desea hacer algo?
- c) **Búsqueda de las posibles soluciones.**
- d) **Valoración de las diversas soluciones posibles.** - Ver cuál es la mejor solución.
- e) **Recomendaciones para la puesta en práctica.** - Cómo se puede o como se debe poner en marcha este método de trabajo.

2.2.2 *Normalización de la Operación.*

Las operaciones o tareas específicas se describen detalladamente, en el conjunto de movimientos especiales, el tamaño, forma y calidad de los materiales, las herramientas, máquinas o instalaciones, así como también las condiciones de trabajo y seguridad, han de seguir normas determinadas. (Rajadell, 2010)

2.2.3 *Determinación del tiempo tipo*

Es la determinación del tiempo que una persona calificada, convenientemente adiestrada y experimentada tarda en ejecutar una determinada operación o tarea, cuando trabaja a ritmo normal. Este tiempo tipo nos sirve en la planificación y programación del trabajo,

en la estimación de costos, o sirve de base para el pago de salarios. El tiempo normal necesario para realizar una determinada operación, le sumamos el tiempo empleado para las necesidades personales, fatigas y esperas nos da como resultado el tiempo tipo. (Niebel, 2009)

2.2.4 Adiestramiento del Operario.

El estudio cuidadoso de un método para realizar un trabajo es de poco valor si no se lo puede llevar a la práctica. Es necesario adiestrar al operario para que realice el trabajo en la forma determinada por el método desarrollado. Para realizar este adiestramiento, las industrias tienen una persona especializada que depende del departamento de métodos y tiempos o del de producción. (Meyers, 2000)

2.3 Productividad

Se denomina así a la producción obtenida con relación a algunos elementos utilizados para obtenerla. El estudio de métodos y tiempos, se centra sobre el aumento de la productividad por hombre hora y sobre la reducción de costos.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Número de elementos empleados}} \quad (1)$$

El objetivo de toda empresa industrial no es sólo fabricar lo programado sino hacerlo con el menor costo posible, dentro de una calidad prefijada, que pueda competir satisfactoriamente con otras fábricas, así como el menor empleo de capital, materiales y tiempo de fabricación con mínimo trabajo. (Fernández, 2013)

$$\text{Mayor productividad} = \frac{\text{Mayor producción}}{\text{Igual cantidad de elementos empleados}} \quad (2)$$

$$\text{Mayor productividad} = \frac{\text{Igual producción}}{\text{Menor cantidad de elementos empleados}} \quad (3)$$

$$\text{Mayor productividad} = \frac{\text{Mayor producción}}{\text{Menor cantidad de elementos empleados}} \quad (4)$$

Para lograr estos resultados, es preciso estudiar todos los elementos y factores de la producción, desde la dirección de la empresa hasta la distribución de los productos fabricados.

Con lo visto anteriormente podemos decir que el estudio de métodos y tiempos nos conduce a una mayor productividad.

La productividad no debe confundirse con intensidad del trabajo, porque, si bien la mano de obra refleja los resultados positivos del trabajo, su intensidad se traduce en exceso de esfuerzo y no es otra cosa que incremento de trabajo. La esencia para mejorar la productividad no es tanto el trabajo duro sino el inteligente. Si la productividad es asociada con el mayor o menor esfuerzo del trabajador se presta a equívocos porque se asocia con mayor trabajo. (Fernández, 2013)

- La productividad no se puede confundir con la eficiencia, esta significa producir bienes de alta calidad en el menor tiempo posible.
- No se mide el rendimiento solo por el producto, éste puede aumentar sin incrementar la productividad.
- La rentabilidad no es consecuencia de incremento de la productividad, porque se pueden obtener rendimientos así esta haya descendido.
- La reducción de costes no necesariamente mejora la productividad.
- La productividad no solamente se aplica a la producción, también se relaciona con cualquier otro tipo de organización, se incluyen los servicios y la información.

La productividad es la capacidad de lograr objetivos y de generar respuestas de máxima calidad con el menor esfuerzo humano, físico y financiero, en beneficio de todos, al permitir a las personas desarrollar su potencial y obtener a cambio un mejor nivel en su calidad de vida. (Fernández, 2013)

2.4 Técnicas para el análisis de procesos

Los diagramas para análisis de procesos más comunes se clasifican, enlistan y se describen a continuación:

2.4.1 Diagrama de proceso

Según Meyer (2000) el diagrama de procesos muestra todo el manejo, inspección, operaciones, almacenaje y retrasos que ocurren con cada componente conforme se mueve por la planta del departamento de recepción al de embarques. Este diagrama sirve para encontrar la posibilidad de eliminar totalmente ciertas operaciones o ciertas partes de una operación, obtener un recorrido mejor para los materiales, eliminar esperas entre operaciones y obtener otras mejoras a un costo más bajo.

El diagrama de proceso operativo terminado ayuda a los analistas a visualizar el método en curso, con todos sus detalles, de tal forma que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. (Niegel, 2009)

Se emplean símbolos convencionales para describir los pasos del proceso. Estos símbolos han sido aceptados por todas las organizaciones profesionales que realizan estudios de tiempos y movimientos y se detallan a continuación:


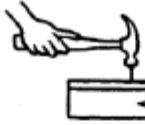







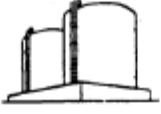










Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 4-2 Símbolos para el diagrama de procesos
 Realizado por: (Nebel, 2009)

En la siguiente figura se observa el formato que se utilizará para la elaboración del diagrama de proceso en la presente investigación.

DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo ____)								
Empresa:		Proceso:		Estudio Nº		Hoja Nº		
Departamento:		Analista:		Método:		Fecha:		
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA ● → ◻ D ▽	Nº	TIEMPO (horas)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
			Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
	○ → ◻ D ▽							
	○ → ◻ D ▽							
	○ → ◻ D ▽							
	○ → ◻ D ▽							
	○ → ◻ D ▽							
	Total		0.00	0.00	0	0.00	0.00	
	Total en horas		0.00					

Figura 5-2 Formato para el diagrama de proceso
Realizado por: (Niebel, 2009)

2.4.2 Diagrama de recorrido

A veces se obtiene una visión mejor del proceso dibujando las líneas de recorrido en un esquema del edificio o zona en que tiene lugar el proceso. En este plano se dibujan líneas que representan el camino recorrido y se insertan los símbolos del *diagrama del proceso* para indicar lo que se está haciendo, incluyendo breves anotaciones que amplían su significado, a esto se lo llama *diagrama de recorrido*. En ocasiones ambos diagramas, el del proceso y el de recorrido, son necesarios para ver con claridad las fases de un proceso de fabricación, trabajo de oficina u otra actividad. Estos diagramas de recorrido nos sirven para poder mejorar o cambiar la distribución de las máquinas, puestos de trabajo, almacenes y oficinas para obtener un menor tiempo de producción o una mejor distribución del trabajo, también se puede cambiar las rutas que recorren las piezas, el producto o los hombres, así como también montacargas, elevadores y máquinas de este tipo.

A pesar de que el diagrama de flujo del proceso proporciona la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de manufactura, no muestra un plan pictórico del flujo del trabajo. A veces esta información es útil para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que se pueda reducir un transporte, el analista necesita observar o visualizar dónde hay suficiente espacio para construir una instalación de tal

manera que la distancia de transporte puede acortarse. De la misma forma, es de utilidad visualizar las áreas potenciales de almacenamiento temporal o permanente, las estaciones de inspección y los puntos de trabajo. (Niebel, 2009)

La mejor manera de proporcionar esta información es conseguir un diagrama de las áreas de la planta involucradas y después bosquejar las líneas de flujo, es decir, indicar el movimiento del material de una actividad a la otra. El diagrama de flujo o recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso.

Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte. (Niebel, 2009)

2.4.3 Pasos para elaborar un diagrama de proceso y recorrido

Según (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013) Los pasos para realizar un diagrama de proceso y recorrido son:

- 1) Fijar la actividad a estudiar. Decir si el sujeto a seguir es una persona, un producto, una pieza o un material.
- 2) No cambiar de sujeto durante la construcción del diagrama. Escoger un punto de partida y de llegada definido a fin de estar seguro que se cubrirá el proceso que se quiere estudiar.
- 3) El diagrama del proceso se debe dibujar en una hoja de papel de tamaño adecuado, con el fin de dejar espacio para: encabezamiento, descripción y resumen.
- 4) El encabezamiento debe identificar el proceso a estudiar. El cuerpo del diagrama del proceso debe tener columnas para el recorrido, (distancia en metros), el símbolo, la descripción y, posiblemente para el tiempo.
- 5) Agregar una tabla de resumen al final del diagrama del proceso mostrando el número de operaciones, el número de movimientos de cada clase, la distancia total recorrida por el objeto de estudio, el número de inspecciones y el de almacenajes y

de esperas. Después de estudiar las mejoras se hará un resumen combinando el método antiguo y moderno y las diferencias entre los dos.

- 6) Obtener los planos de los pisos de la fábrica, con la situación de la maquinaria y el equipo utilizado en la fabricación de la pieza. Sí no existen, dibujarlos a escala. Con frecuencia es conveniente pegar las copias de los planos sobre un tablero o mesa de dibujo y luego recortar plantillas de cartón que representen las máquinas (a la misma escala del plano).

Estas plantillas se pueden utilizar para estudiar los cambios de distribución. A veces se usan modelos tridimensionales (maquetas) a escala en el lugar de plantillas.

- 7) Dibujar sobre los planos, a lápiz el recorrido de las piezas, anotando, por medio de flechas la dirección del movimiento. El diagrama de recorrido debe hacerse en el mismo lugar y no fiarse de la memoria haciéndolo en el despacho o desde allí. Las distancias se han de medir o recorrer.

2.4.4 Diagrama de operaciones

El diagrama de operación es el conjunto de movimientos elementales de las manos, el diagrama de operaciones de las manos izquierda y derecha, resulta una ayuda tan sencilla como eficaz en el análisis de la operación. No se necesita ningún dispositivo de medida del tiempo y, en la mayor parte de los trabajos, el analista es capaz de construir dicho diagrama observando al operario dedicado a su trabajo. (Niebel, 2009)

El objetivo de este diagrama es encontrar una forma de ejecutar la tarea, aunque también se emplea para la enseñanza de los operarios. Para la realización del diagrama de operaciones se utiliza dos símbolos. Un círculo pequeño que indica un transporte, tal como el movimiento de la mano para coger un objeto y un círculo grande que representa una operación, como la de coger, poner en posición, usar o soltar un objeto. Para realizar un diagrama de operaciones, el primer paso es dibujar un esquema del lugar de trabajo, indicando el contenido de los depósitos y la situación de las herramientas y materiales. Después se observa al operario y se hace un cuadro mental de sus movimientos, observando una mano cada vez. Se anotan los movimientos de la mano

izquierda en la parte izquierda de una hoja de papel y después se hace lo mismo con la mano derecha en la parte derecha de la hoja. (Niebel, 2009)

2.5 Desarrollo de un método mejorado

Según (Niebel, 2009) Al buscar el mejor método posible, el analista no se dejara influir indebidamente por el ya utilizado, sino que estudiara imparcialmente todas las maneras posibles de alcanzar el objetivo fijado, sin limitarse a intentar una simple mejora del método existente. Para realizar una mejora del método hay que hacer un análisis de lo que cuesta hacer el cambio.

A fin de elegir una mejora del método preferible, deberán seguirse los siguientes pasos:

- Eliminar todo trabajo innecesario.
- Cambiar operaciones o sus elementos.
- Cambiar el orden de las operaciones.
- Simplificar las operaciones necesarias.

2.6 Estudio de tiempos

Se utiliza este estudio para determinar el tiempo requerido por una persona calificada, trabajando a una marcha normal, para realizar un trabajo específico. Hay que observar que mientras el estudio de métodos es en gran parte análisis, el estudio de tiempos entraña mediciones. (Fernández, 2013)

2.6.1 Requerimientos para el estudio de tiempos

Antes de realizar un estudio de tiempos, deben cumplirse ciertos requerimientos fundamentales. Por ejemplo, si se requiere un estándar de un nuevo trabajo, o de un trabajo antiguo en el que el método o parte de él se ha alterado, el operario debe estar completamente familiarizado con la nueva técnica antes de estudiar la operación. Además, el método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use antes de iniciar el estudio. A menos que todos los detalles del método y las condiciones de trabajo se hayan estandarizado, los estándares de tiempo tendrán poco valor y se

convertirán en una fuente continua de desconfianza, resentimientos y fricciones internas. (Niebel, 2009)

Los analistas deben informar al representante del sindicato, al supervisor del departamento y al operario que se estudiará el trabajo. Cada una de estas partes puede realizar los pasos necesarios para permitir un estudio sin contratiempos y coordinado. El operario debe verificar que está aplicando el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de esa operación. El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, etc., cumplen con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de métodos. (Niebel, 2009)

También debe investigar la cantidad de material disponible para que no se presenten faltantes durante el estudio. Después, el representante del sindicato se asegura que sólo se elijan operarios capacitados y competentes, debe explicar por qué se realiza el estudio y responder a cualquier pregunta pertinente que surja por parte del operario. (Niebel, 2009)

2.6.2 Equipo para el estudio de tiempos

Según Salazar (2016) no hay nada más acertado que un Ingeniero Industrial efectuando sus funciones con las herramientas indicadas y en el mejor estado. El Estudio de Tiempos demanda cierto tipo de material fundamental: cronómetro, un tablero de estudio de tiempos, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo. Un equipo de videgrabación es muy útil.

2.6.2.1 Cronómetro

El estudio con cronómetro es el método más común empleado para medir el tiempo que se lleva una tarea. Se emplea para determinar el tiempo que necesita un operador promedio, trabajando a un ritmo normal en la ejecución de una tarea determinada. El fin del estudio, es la determinación del tiempo normal que se tarda en hacer una tarea, expresado en minutos por pieza. Se usan generalmente dos tipos de cronómetro para el estudio de tiempos: el cronómetro ordinario y el cronómetro con vuelta a cero. (Gomez, 2014)

Según Gómez (2014) los tipos de cronometraje dependen de la actividad o del proceso que se está evaluando, porque estos se basan en ciclos largos y cortos. Existen dos procedimientos principales de cronometraje para tomar el tiempo con cronometro.

- **Cronometraje acumulativo:** El reloj funciona de modo interrumpido durante todo el estudio; se pone en marcha al principio de cada elemento del primer ciclo y no se le detiene hasta acabar el estudio. El final de cada elemento se apunta la hora que marca el cronometro y los tiempos de cada elemento se obtienen haciendo las respectivas restas después de terminar el estudio. Con este procedimiento se tiene la seguridad de registrar todo el tiempo en que el trabajo está sometido a observación.
- **Cronometraje con vuelta a cero:** Los tiempos se toman directamente: al acabar cada elemento se hace volver el segundero a cero y se lo pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente, sin que el mecanismo del reloj se detenga ni un momento.

La suma de los tiempos de todos los elementos y demás actividades anotadas, más el tiempo improductivo, más los tiempos para punteo, constituye el tiempo registrado, que también se anota.

2.6.2.2 Cámaras de videograbación

Las cámaras de videograbación son ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al tomar película de la operación y después estudiarla cuadro por cuadro, los analistas pueden registrar los detalles exactos del método usado y después asignar valores de tiempos normales. También pueden establecer estándares proyectando la película a la misma velocidad que la de grabación y luego calificar el desempeño del operario. Debido a que todos los hechos están ahí, observar el video es una manera justa y exacta de calificar el desempeño. Así mismo, a través del ojo de la cámara pueden surgir mejoras potenciales a los métodos que pocas veces se detectan con el procedimiento del cronómetro. (Niebel, 2009)

2.6.3 *Número de ciclos a cronometrarse*

No siempre se obtienen tiempos exactamente iguales entre las diferentes lecturas realizadas a los elementos de, una operación, por lo que es necesario tener una confianza y certeza de cuál es el tiempo con el cual se trabajara en el estudio de métodos y tiempos. La toma de tiempos es una toma de datos estadísticos (muestreo) por lo que se los puede tratar como tales, por consiguiente cuanto mayor sea el número de ciclos cronometrados, más próximos estarán los resultados a la realidad de la actividad que se mida. (Baca, y otros, 2014)

La uniformidad en las lecturas del cronómetro es del mayor interés para el analista; si se: obtiene una muy pequeña variación entre las lecturas de tiempos será necesario unas pocas lecturas de este, pero por lo contrario si se nota una variación muy grande, será necesario realizar una mayor cantidad de lecturas. Al determinar el número de observaciones a realizar hay que decidir el nivel de confianza y la precisión estadística deseada, empleándose generalmente, en estudio de tiempos, un nivel de confianza del 95 % y una precisión de ± 5 %. Esto significa que existe un 95 % de probabilidad de que la medida de la muestra o el valor medio del elemento no estén afectados de un error mayor a ± 5 % del verdadero tiempo del elemento observado. (Baca, y otros, 2014)

Según (Escalante, 2019) para obtener el número de lecturas que nos de este nivel de confianza y precisión utilizamos la siguiente formula:

$$N = \left(\frac{st}{kx} \right)^2 \quad (5)$$

Siendo:

N = Número de ciclos que se va a cronometrar

s = Desviación estándar

t = Valor t de la T de Student que depende del nivel de confianza y de la muestra preliminar y se obtiene de tablas

k = Margen de error o precisión

x = Tiempo observado medio del elemento seleccionado

Suponiendo que se hayan realizado 15 observaciones de un elemento, y que el observador desea saber si ha tomado un número suficiente de observaciones para el nivel de confianza y precisión deseado. Se aplica la fórmula y si el resultado es menor o igual a 15 se concluye que el número de lecturas son suficientes, caso contrario si el resultado de la fórmula hubiera sido mayor a 15 sería necesario realizar las lecturas que resulten de la ecuación. (Flores, 2015)

2.6.4 Tiempo tipo

La determinación del tiempo tipo es uno de los objetivos del estudio de métodos y tiempos. Se define al Tiempo Tipo de una operación como el tiempo en el cual un operario, trabajando al paso normal, realiza una tarea, tomando en cuenta suplementos por fatiga, retrasos y necesidades personales. (Niebel, 2009)

El tiempo tipo será, entonces, el tiempo normal más los suplementos. Podemos resumir en la siguiente forma el mecanismo que nos permitirá establecer el tiempo tipo de una operación.

- **Obtención del tiempo de la operación.** Es el tiempo medio de las lecturas realizadas y registradas en la tabla.
- Valoración del "paso" al que realiza la operación.
- Determinación de tiempos suplementos:
 - Al tiempo normal se le adiciona del 2 al 10 % de su valor original dependiendo del trabajo. Si el trabajo es ligero y existen descansos a la mitad de la jornada no se tomarán en cuenta suplementos por fatiga.
 - Por retrasos, máximo se adicionará un 2 % del tiempo normal.
 - Por necesidades personales, 5 % para hombres y 6 % para las mujeres del tiempo normal.
- **Obtención del tiempo tipo.** Para obtener el Tiempo Tipo, se multiplica el tiempo de operación por el factor de valoración del paso con el objeto de obtener el tiempo normal.

A este tiempo normal se le sumarán los porcentajes de suplementos con lo que se obtendrá el tiempo tipo.

$$T \text{ medio } \times F \text{ valoración} = T \text{ normal} \quad (6)$$

$$T \text{ normal} + \% S \times T \text{ normal} = T \text{ tipo} \quad (7)$$

2.6.5 Takt time

El takt time se define como el tiempo en que un producto debe ser producido para satisfacer las necesidades del cliente. Takt es una palabra de origen alemán que significa ritmo y se determina a partir de los datos sobre los pedidos de los clientes. Así como un metrónomo que marca el ritmo de la música, el takt time, indica el ritmo de la demanda de los clientes, es decir, marca el ritmo de la línea de producción. (Rajadell, 2010)

- La producción requerida determina el takt time.
- El sistema de operaciones debe construirse a partir del takt time.
- Cada operación se produce una vez y solo una, durante el takt time.

$$\text{Takt} = \frac{\text{tiempo de trabajo}}{\text{producción requerida}} \quad (8)$$

2.7 Estadístico de prueba para la comparación de medias

Cuando se estudia el comportamiento de un proceso o un fenómeno suelen interesar su media y varianza (o desviación estándar). En particular, al estudiar la media, es de interés preguntarse si ésta es igual, mayor o menor ha cierto valor. Un problema frecuente que se presenta es comparar la media de dos procesos o dos tratamientos. Por ejemplo, comparar dos proveedores, dos materiales, dos máquinas o dos métodos de trabajo. (Gutierrez, 2008)

Para comparar las medias se plantea la hipótesis estadística de igualdad.

$$\text{Hipótesis nula} \rightarrow H_0: \mu_x = \mu_y \quad (9)$$

$$\text{Hipótesis alternativa} \rightarrow H_a: \mu_x \neq \mu_y \quad (10)$$

Lo cual se desea probar con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$). El estadístico de prueba para probar la hipótesis de igualdad de medias está dado por el estadístico de

prueba T Student. Se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es $n \leq 30$ como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real. (Gutierrez, 2008)

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}} \quad (11)$$

S_p Es un estimador de la varianza muestral común, suponiendo que dichas varianzas desconocidas sean iguales, y se calcula como:

$$S_p^2 = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2} \quad (12)$$

$$S_p = \sqrt{S_p^2} \quad (13)$$

De la tabla de distribución T de Student del Anexo I se obtiene $t_{(\frac{\alpha}{2}, n_x - n_y - 2)}$

Se rechaza $H_0: \mu_x = \mu_y$ si $|t_0| > t_{\alpha/2}$ (14)

2.8 Diagrama de caja

El diagrama de caja es otra herramienta para describir el comportamiento de los datos y es de suma utilidad para comparar procesos, tratamientos y, en general, para hacer análisis por estratos (lotes, proveedores, turnos, etc.). El diagrama de caja se basa en los cuartiles y divide los datos ordenados en cuatro grupos, que contienen, cada uno, 25% de las mediciones. De esta forma es posible visualizar dónde termina de acumularse 25% de los datos menores, y a partir de dónde se localiza 25% de los datos mayores. Entre estos dos cuartiles se ubica 50% de los datos que están al centro. (Gutierrez, 2009)

2.9 Metodología 5S

La metodología 5S aplica los principios de orden y limpieza. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y

crear hábito. El concepto 5S es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados tangibles y cuantificables para todos, con gran componente visual y de alto impacto en un corto tiempo plazo de tiempo. Es una forma indirecta de que el personal perciba la importancia de las cosas pequeñas, de que su entorno depende de él mismo, que la calidad empieza por cosas muy inmediatas, de manera que se logra una actitud positiva ante el puesto de trabajo. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma: (Hernández Matías, y otros, 2013)

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, herramientas, etc.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.

Tabla 1-2 Resumen de la técnica 5s

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e Identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Fuente: (Hernández Matías, y otros, 2013)

2.10 Gestión de riesgos

La Gestión es un término que se asocia a la alta gerencia, por esta razón la Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional debe contemplar en su plan estratégico las acciones correctivas y preventivas que contribuyan a la organización a mantener altos estándares de seguridad para garantizar el bienestar de los trabajadores y el crecimiento de la productividad empresarial. (Gutierrez Quiñonez, 2016)

Mantener bajo control los riesgos, es una estrategia para reducir costos, debido a que el medio ambiente laboral es uno de los factores que tiene una incidencia positiva en el desempeño del personal y este a su vez impacta directamente en el crecimiento de la productividad empresarial, para satisfacer adecuadamente a los clientes y elevar la competitividad en el mercado. (Gutierrez Quiñonez, 2016)

2.10.1 Riesgos laborales

Se entiende por riesgo laboral el conjunto de factores físicos, psíquicos, químicos, ambientales, sociales y culturales que actúan sobre el individuo; la interrelación y los efectos que producen esos factores dan lugar a la enfermedad ocupacional. Pueden identificarse riesgos laborales relacionados globalmente con el trabajo en general, y además algunos riesgos específicos de ciertos medios de producción. (Badía Montalvo, 1985)

2.10.2 Clasificación de riesgos

La clasificación de los riesgos laborales sigue un orden sistemático, debido a que se pretende dividir el estudio de las acciones preventivas, según su alcance, enfocando el tipo de industria, la naturaleza de los peligros en los puestos de trabajo, entre otros aspectos que son de gran interés para alcanzar el propósito y los fines de la SST. (Gutierrez Quiñonez, 2016)

2.10.3 Identificación y evaluación

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es la gestión de los riesgos en el trabajo. A tal efecto, es preciso realizar evaluaciones de los peligros y los riesgos con miras a identificar aquello que podría resultar perjudicial para los trabajadores y la propiedad, para poder elaborar y aplicar las medidas de protección y prevención apropiadas. Una

estrategia para la identificación y evaluación de los riesgos, comprende de cinco pasos que se muestra a continuación, misma que ha sido elaborada por el Organismo Ejecutivo de Salud y Seguridad (Health and Safety Executive) en el Reino Unido como un enfoque sencillo de la gestión de los riesgos, en particular en las empresas de pequeña escala (PyME), y se ha apoyado a escala mundial. (OIT, 2011)



Figura 6-2: Estrategia de identificación y evaluación de riesgos
Realizado por: (OIT, 2011)

2.10.3.1 *Accidente mayor*

Consiste en que únicamente un profesional podrá cualificar el Riesgo (estimar cualitativamente) tomando en cuenta criterios inherentes a su materialización en forma de accidente de trabajo, enfermedad profesional o repercusiones en la salud mental.

2.10.3.2 *Estimación.*

Este método analiza la estimación de riesgo de la siguiente manera:

Consecuencias:

- Partes del cuerpo que se verán afectadas
- Naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino, dañino y extremadamente dañino, tomando como ligeramente dañino a un corte menor y extremadamente dañino una amputación o la muerte.

Probabilidad de que ocurra el daño:

La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:

- Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre
- Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones
- Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces

Niveles de riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Figura 7-2: Cualificación matriz de análisis y evaluación por puesto de trabajo

INSHT

Realizado por: INSHT

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Identificación de la empresa

Razón Social:	Industrias Metálicas Vilema “IMEV”
Representante legal:	Sr. Flavio Vilema
Actividad económica:	Diseño y construcción de todo lo relacionado a la cerrajería metálica.
Provincia:	Chimborazo
Dirección:	Vía a Guano Km 3 ½ (500 m antes de la Capilla).



Figura 1-3: Instalaciones Industrias Metálicas Vilema
Realizado por: Empresa Industrias Metálicas Vilema



Figura 2-3: Ubicación Industrias Metálicas Vilema “IMEV”
Fuente: <https://bit.ly/2BbcgaF>

3.2 Información general

Industrias Metálicas Vilema “IMEV” cuya actividad económica es la cerrajería metálica fue fundada como una empresa familiar en el año 1995 por el Sr. Flavio Vilema quien emprendió el negocio con la línea metal mecánica, años más tarde implementó otras líneas de producción como la de carpintería, la elaboración de puertas y ventanas enrollables, la línea de aluminio y vidrio forja y en el año 2006 incursiona en la rama del automatismo (puertas y accesos automáticos).

En la actualidad “IMEV”, se dedica a la construcción de todo lo relacionado a la línea Cerrajera, para proveer seguridad y protección en todo tipo de apertura de construcción.

3.3 Misión y Visión

3.3.1 Misión:

Producir con los más altos estándares de calidad, productos en metal utilizando nuevos procesos industriales y tecnológicos, satisfaciendo así las necesidades de nuestros clientes. (IMEV, 2018)

3.3.2 Visión:

Ser empresa líder en el procesamiento de meta, comprometidos con el cliente con productos de calidad, buscando la consolidación de su competitividad y su sostenibilidad a través de las oportunidades del entorno. (IMEV, 2018)

3.4 Organigrama Estructural

El personal que conforma industrias metálicas IMEV se encuentra organizado como se detalla en el siguiente diagrama estructural.

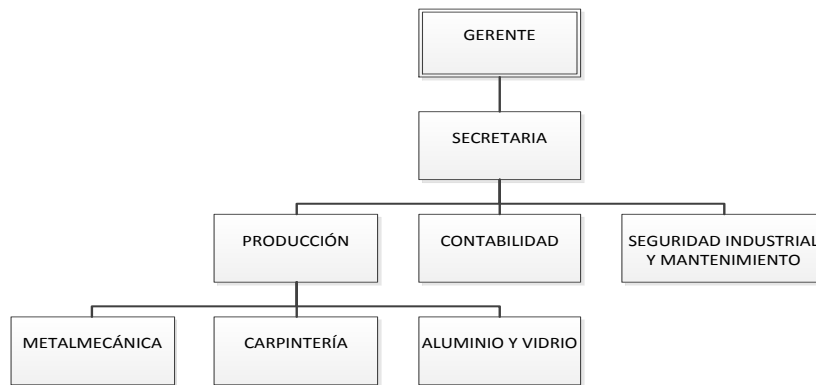


Figura 3-3: Organigrama Estructural IMEV
Realizado por: Autor

3.5 Productos que oferta

IMEV oferta en el mercado cerrajero una variedad de productos como verjas, defensas, pasamanos, puertas de garaje, techos con estructuras, productos en vidrio templado y la línea de puertas principales que consta de una serie de productos que se detallan a continuación.

Tabla 1-3: Línea de puertas principales

Puertas principales paneladas	Puertas principales mixtas
	
Puertas principales lineales	Puertas principales forjadas
	

Fuente: IMEV

El proceso de fabricación de las puertas paneladas debido a la baja productividad que posee constituye el objeto de estudio del presente trabajo de titulación. La baja

productividad es consecuencia de los tiempos improductivos, métodos no estandarizados, operaciones innecesarias en el proceso, demoras.





3.6 Distribución de planta




La distribución de planta es de tipo funcional o por proceso, el material se desplaza de una máquina a otra o de un puesto de trabajo a otro. Este tipo de distribución es la más adecuada para la fabricación de puertas paneladas porque permite obtener fabricaciones variadas, sujetas a frecuentes cambios según la necesidad del cliente. La distribución de planta se detalla en el Anexo A.

3.7 Identificación de puestos de trabajo

La fabricación de puertas paneladas se realiza en los siguientes puestos de trabajo.

Tabla 2-3: Identificación de puestos de trabajo

Puestos de Trabajo	Descripción	Imagen
Almacén para tubos de acero galvanizado	La planta dispone de dos bodegas para el almacenamiento de los tubos cuadrados que se utilizan para la fabricación de los marcos de las puertas.	
Corte	La cortadora para tubos de acero galvanizado se encuentra sobre la mesa. Aquí se dimensionan los tubos de acuerdo a la medida deseada.	
Armado	Los tubos cortados son trasladados a la mesa de armado, en la cual se da forma al cuadro de la puerta. El proceso consiste en la unión de los tubos cortados mediante soldadura. Además en esta área se realiza el montaje del tol prensado de igual forma mediante soldadura.	
Almacén para tol prensado	Se ha construido una estructura para almacenar las láminas de tol prensado.	

Doblado	Los bordes de las láminas de tol se doblan para facilitar su montaje al marco de la puerta.	
Taladrado	Se dispone de un taladro de banco donde se da forma al pasador para el candado de la puerta.	
Pintura	Una vez fabricada la puerta panelada pasa al área de pintura para darle el acabado final.	



Fuente: Autor

3.8 Estudio de métodos y tiempos

El proceso de producción de puertas paneladas es realizado por tres operarios, un operario es el encargado de armar la puerta utilizando tubo cuadrado de acero y tol, en este proceso las principales operaciones que realiza son el trazado y cortado del material y la soldadura. Una vez finalizado el armado de la puerta se realiza el acabado final, es decir, se pinta la puerta lo cual está a cargo de dos operarios.

Lo detallado en el párrafo anterior se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3-3: Proceso de producción de puertas paneladas

Actividades		Tiempo (horas)	Tiempo (minutos)
Trazado y cortado de tubos y tol.	Soldadura y armado de la puerta.	10.54	632.40
 Operario 1			
Pintura		2.05	123.00
 Operario 2 y 3			
TOTAL		12.59	755.40

Fuente: Autor

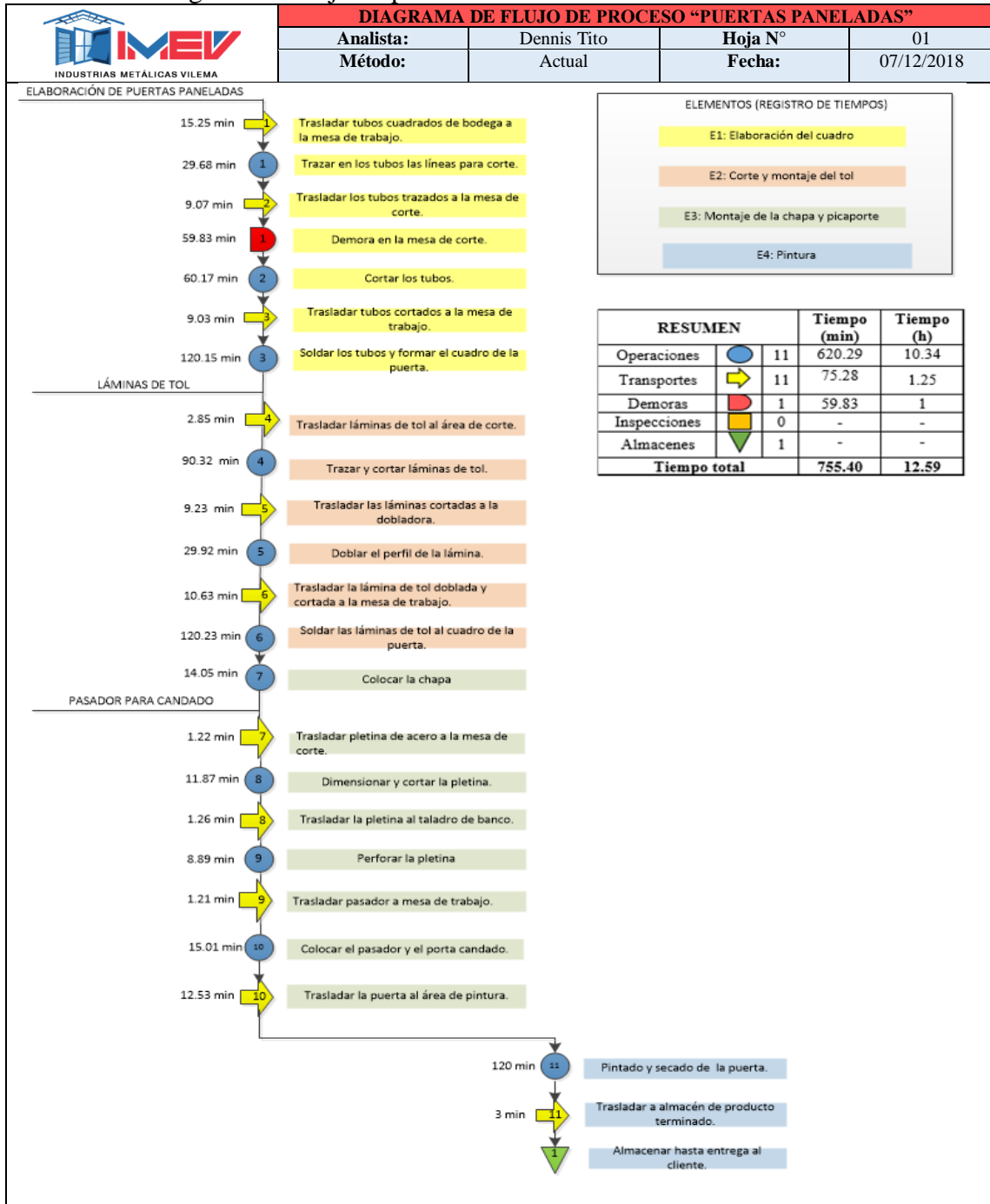
Para el estudio de métodos y tiempos es necesario realizar una serie de diagramas a fin de familiarizar al analista con las actividades que se llevan a cabo para producir una puerta panelada e identificar aquellas actividades innecesarias o que pueden ser mejoradas, todo esto con el objetivo de mejorar la productividad del proceso.

3.8.1 Diagrama de flujo de proceso

En el análisis de flujo de proceso se determina el número de actividades (transportes, operaciones, demoras, almacenes) necesarias para fabricar las puertas paneladas. El proceso consta de cuatro subprocesos principales: el armado del marco o cuadro de la puerta, el montaje del tol prensado en el marco, el montaje de la chapa y el picaporte para el candado y el pintado de la puerta.

Cada subproceso está formado por una serie de actividades las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4-3: Diagrama de flujo de proceso






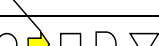
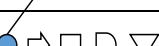





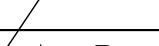
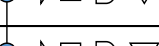
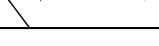










































En resumen, para la fabricación de puertas paneladas se requieren 11 operaciones, 11 transportes y 1 almacén. Adicional a estas actividades se determina 1 demora en el proceso lo cual se pretende eliminar mediante el desarrollo de un método de trabajo más adecuado.

3.8.2 Diagrama de proceso

El diagrama de proceso contiene el tiempo promedio de cada actividad (operación, transporte, demora). Para analizar la elaboración de puertas paneladas se elabora 3 hojas de procesos en las cuales se detalla los tiempos promedio de las actividades que se determinaron en el diagrama de flujo de operaciones.






Tabla 5-3: Diagrama Analítico del proceso actual N° 01

		DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo Material)							
Empresa: IMEV		Proceso: Elaboración de puertas paneladas			Estudio N° 01			Hoja N° 01	
Departamento: Producción		Analista: Dennis Tito			Método: Actual			Fecha: 07/12/2018	
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	N°	m	TIEMPO (minutos)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
1 puerta panelada		1	17		15.25				Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.
		1		29.68					Trazar en los tubos las líneas para corte.
		2	3		9.07				Trasladar los tubos trazados a la mesa de corte.
		1					59.83		Demora en la mesa de corte.
		2		60.17					Cortar los tubos.
		3	3		9.03				Trasladar tubos cortados a la mesa de trabajo.
		3		120.15					Soldar los tubos y formar el cuadro de la puerta.
		4	3		2.85				Trasladar láminas de tol al área de corte.
		4		90.32					Trazar y cortar láminas de tol.
		5	6		9.23				Trasladar las láminas cortadas a la dobladora.
		5		29.92					Doblar el perfil de la lámina.
		6	12		10.63				Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.
		6		120.23					Soldar las láminas de tol al cuadro de la puerta.
		7		14.05					Colocar la chapa.

					7	3		1.22					Trasladar pletina de acero a la mesa de corte.
					8		11.87						Dimensionar y cortar la pletina.
					8	2		1.26					Trasladar la pletina cortada al taladra de banco.
					9		8.89						Perforar la pletina.
					9	3		1.21					Trasladar pasador a mesa de trabajo.
					10		15.01						Colocar el pasador y el portacandado.
					10	30		12.53					Trasladar la puerta al área de pintura.
					11		120.00						Pintado y secado de la puerta.
					11	5		3.00					Trasladar a almacén de producto terminado.
					1								Almacenar producto hasta entregar al cliente.
Total					87		620.29	75.28	0.00	59.83	0.00		
Total en minutos					755.40								
Total en horas					12.59								

Fuente: Autor

Tabla 6-3: Resumen, actividades del proceso actual de elaboración

RESUMEN		Tiempo (min)	Tiempo (h)
Operaciones		11	620.29
Transportes		11	75.28
Demoras		1	59.83
Inspecciones		0	-
Almacenes		1	-
Tiempo total		755.40	12.59

Fuente: Autor

En resumen, el tiempo total que tardan tres operarios para fabricar una puerta panelada es de 12.59 horas (755.40 min); en 11 operaciones tardan 10.34 horas, en transportes tardan 1.25 horas, existe una demora en el corte de 1 hora.

3.8.3 *Análisis de riesgos en el proceso de producción*

La Prevención de Riesgos Laborales no se contrapone a la productividad, por el contrario: la promueve y es parte integral de ella por tal motivo es necesario que en la fabricación de puertas paneladas se realice un análisis de riesgos con el fin de ofrecerle al operario un ambiente de trabajo sano y seguro, por ende se realizó el siguiente procedimiento

seguro:

ÍNDICE

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. RESPONSABILIDADES
4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
7. IDENTIFICACIÓN
8. EVALUACIÓN
9. MEDIDAS PREVENTIVAS

1. OBJETIVO

El presente tiene como objetivo establecer la metodología a manera de guía para la identificación y evaluación de Riesgos Laborales, en la fabricación de puertas paneladas en la empresa INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA, con el fin de establecer medidas correctivas, los equipos de protección personal que el operario requiere y mejorar la prevención de riesgos en el trabajo.

2. ALCANCE

El alcance de este procedimiento involucra el proceso de producción de puertas paneladas de la empresa INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA, y el personal involucrado en estas actividades laborales.

3. RESPONSABLES

Gerencia General:

- ❖ Revisar y aprobar el procedimiento seguro para la fabricación de puertas paneladas.
- ❖ Asegurarse de socializar con el personal el siguiente procedimiento.

Supervisor:

- ❖ Supervisar que el trabajo se haga de acuerdo al diseño y procedimiento.
- ❖ Difundir y dar a conocer al personal involucrado, el Procedimiento de Trabajo Seguro.
- ❖ Tener en su poder Procedimiento de Trabajo Seguro.

Trabajadores:

- ❖ Cumplir a cabalidad lo establecido en el presente procedimiento.
- ❖ Uso de los Elementos de Protección Personal adecuadamente y todos los equipos, herramientas que la actividad requiera.

4. DOCUMENTO DE REFERENCIA

Constitución Política de la República, Art.42, donde establece que el Estado garantizará el derecho a la salud y fomentará ambientes saludables en lo familiar, laboral y comunitario.

Decisión No. 584 del Instrumento Andino de la Seguridad y Salud en el Trabajo, Art. 4 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, expedido mediante Decreto Ejecutivo 2393, y la evaluación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

5. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Accidente de trabajo.- Suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, trabajo, y que produce una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, incluso fuera del lugar y horas de trabajo (Decisión 584 de la Comunidad Andina de Naciones).

Incidente.- Evento(s) relacionado(s) con el trabajo, en el(los) que tuvo o pudo haber tenido una lesión o enfermedad (independiente de su gravedad) o víctima mortal (NIC OHSAS 18001).

Enfermedad.- Condición física o mental adversa identificable, que surge, empeora o embajadas, una causa de una actividad laboral, una situación relacionada con el trabajo o las embajadas (NTC-OHSAS 18001).

Enfermedad profesional.- Todo el estado patológico que sobreviene como consecuencia obligada de la clase de trabajo que desempeña el trabajador o del medio en que se ha visto obligado a trabajar, bien sea determinado por agentes físicos, químicos o biológicos (Ministerio de la Protección Social, Decreto 2566 de 2009).

Actividad rutinaria.- Actividad que forma parte del proceso de la organización, se ha planificado y es estandarizable.

Actividad no rutinaria.- Actividad que no se ha planificado ni estandarizado, dentro de un proceso de la organización o actividad que la organización determina como no rutinaria por su baja frecuencia de ejecución.

Peligro.- Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de estos (NTC-OHSAS 18001).

Identificación del peligro.- Proceso para reconocer si existe un peligro.

Riesgo.- Combinación de la probabilidad de que ocurran un(os) evento(s) o exposición(es) peligroso(s), y la gravedad de la lesión o enfermedad, que puede ser afectado por el(los) evento(s) o la(s) exposición(es) (NTC-OHSAS 18001).

Riesgo aceptable.- Riesgo que ha sido reducido a un nivel que la organización puede tolerar, respecto a sus obligaciones legales y su propia política en seguridad y salud ocupacional (NTC-. OHSAS 18001).

Consecuencias.- Partes del cuerpo que se verán afectadas. Naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino, dañino y extremadamente dañino, tomando como ligeramente dañino a un corte menor y extremadamente dañino una amputación o la muerte. (INSHT)

Probabilidad de que ocurra el daño.- La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio: Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre, Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones, Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces. (INSHT)

Valoración de los riesgos.- Los riesgos se van a valorar como Trivial, Tolerable, Moderado, Importante e Intolerable estos forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. (INSHT)

Elemento de Protección Personal (EPP).- Dispositivo que sirve como barrera entre un peligro y alguna parte del cuerpo de una persona.

Equipo de protección personal.- Dispositivo que sirve como medio de protección ante un peligro y que para su funcionamiento requiere de la interacción con otros elementos. Ejemplo, sistema de detección contra caídas.

Exposición.- Situación en la cual las personas se encuentran en contacto con los peligros. **Lugar de trabajo.-** Espacio físico en el que se realizan actividades relacionadas con el trabajo, bajo el control de la organización (NTC-OHSAS 18001).

Medida (s) de control.- Medida (s) implementada (s) de incidentes y / o accidentes con el fin de minimizar la ocurrencia de riesgos.

Riesgos Mecánicos.- Son los causados por las actividades que ocasionan riesgos no controlados como cortes y punzamientos, caídas, atrapamientos por o entre objetos.

Riesgos Físicos.- Son los causados por movimiento de máquinas, iluminación, ruido vibraciones, estrés térmico, radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Riesgos Químicos.- Son los causados por la exposición a vapores, gases, nieblas, aerosoles, productos químicos en general.

Riesgos Biológicos.- Son los causados por agentes biológicos como: virus, bacterias, hongos, parásitos, ofidios, reptiles, otros.

Riesgos Ergonómicos.- Producidos por: espacios de trabajo, carga física del trabajo, posiciones forzadas, manejo manual de cargas, movimientos repetitivos, alteraciones en el confort acústico, término, lumínico y la organización y distribución del trabajo.

Riesgos Psicosociales.- Son los causados por: carga mental, autonomía temporal, contenido del trabajo, supervisión y participación, dirección, relaciones personales.








6. DESCRIPCIÓN

La Prevención de Riesgos Laborales no se contrapone a la productividad, por el contrario: la promueve y es parte integral de ella por tal motivo es necesario que en la

fabricación de puertas paneladas se realice un análisis de riesgos con el fin de ofrecerle al operario un ambiente de trabajo sano y seguro.

Para empezar el análisis de riesgos realizamos la identificación de los puestos de trabajo y de todas las actividades para la producción de puertas paneladas en INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA, que se presenta a continuación:

Tabla 7-3: Identificación de puestos de trabajo

Puestos de Trabajo	Descripción	Imagen
Almacén para tubos de acero galvanizado	La planta dispone de dos bodegas para el almacenamiento de los tubos cuadrados que se utilizan para la fabricación de los marcos de las puertas.	
Corte	La cortadora para tubos de acero galvanizado se encuentra sobre la mesa. Aquí se dimensionan los tubos de acuerdo a la medida deseada.	
Armado	Los tubos cortados son trasladados a la mesa de armado, en la cual se da forma al cuadro de la puerta. El proceso consiste en la unión de los tubos cortados mediante soldadura. Además en esta área se realiza el montaje del tol prensado de igual forma mediante soldadura.	
Almacén para tol prensado	Se ha construido una estructura para almacenar las láminas de tol prensado.	
Doblado	Los bordes de las láminas de tol se doblan para facilitar su montaje al marco de la puerta.	
Taladrado	Se dispone de un taladro de banco donde se da forma al pasador para el candado de la puerta.	
Pintura	Una vez fabricada la puerta panelada pasa al área de pintura para darle el acabado final.	


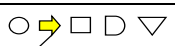
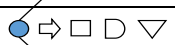
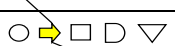

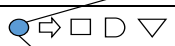
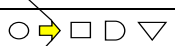
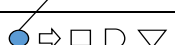


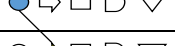
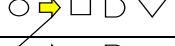
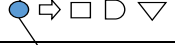

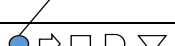
Fuente: Autor

Una vez identificados los puestos de trabajo procedemos a realizar el diagrama de flujo, el cual no va a ayudar a identificar los riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores involucrados en la fabricación de puertas paneladas.

7. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La metodología empleada para la identificación evaluación y control de riesgos en la producción de puertas paneladas está basada en la matriz de evaluación por puesto de trabajo INSHT.

Tabla 8-3: Diagrama analítico del proceso

 DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo Material)									
Empresa: IMEV		Proceso: Elaboración de puertas paneladas			Estudio Nº 01		Hoja Nº 01		
Departamento: Producción		Analista: Dennis Tito			Método: Actual		Fecha: 07/12/2018		
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	Nº	m	TIEMPO (minutos)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
1 puerta panelada		1	17		15.25				Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.
		1		29.68					Trazar en los tubos las líneas para corte.
		2	3		9.07				Trasladar los tubos trazados a la mesa de corte.
		1					59.83		Demora en la mesa de corte.
		2		60.17					Cortar los tubos.
		3	3		9.03				Trasladar tubos cortados a la mesa de trabajo.
		3		120.15					Soldar los tubos y formar el cuadro de la puerta.
		4	3		2.85				Trasladar láminas de tol al área de corte.
		4		90.32					Trazar y cortar láminas de tol.
		5	6		9.23				Trasladar las láminas cortadas a la dobladora.
		5		29.92					Doblar el perfil de la lámina.
		6	12		10.63				Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.
		6		120.23					Soldar las láminas de tol al cuadro de la puerta.
		7		14.05					Colocar la chapa.

		7	3		1.22				Trasladar pletina de acero a la mesa de corte.
		8		11.87					Dimensionar y cortar la pletina.
		8	2		1.26				Trasladar la pletina cortada al taladra de banco.
		9		8.89					Perforar la pletina.
		9	3		1.21				Trasladar pasador a mesa de trabajo.
		10		15.01					Colocar el pasador y el portacandado.
		10	30		12.53				Trasladar la puerta al área de pintura.
		11		120.00					Pintado y secado de la puerta.
		11	5		3.00				Trasladar a almacén de producto terminado.
		1						-	Almacenar producto hasta entregar al cliente.
Total		87		620.29	75.28	0.00	59.83	0.00	
Total en minutos		755.40							
Total en horas		12.59							

Fuente: Autor

Los riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores en la fabricación de puerta paneladas son: riesgos mecánicos, físicos, químicos y ergonómicos como se detalla a continuación:

Tabla 9-3: Análisis de riesgos

		ANÁLISIS DE RIESGOS
Proceso	Identificación de riesgos	
Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas	
Trazar y cortar los tubos.	Riesgo mecánico: Proyección de partículas Riesgo físico: Ruido	
Trasladar láminas de tol al área de doblado.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas	

Fuente: Autor

Tabla 9-3 (Continuación): Análisis de riesgos

Trazar, cortar y doblar las láminas de tol.	Riesgo mecánico: Proyección de partículas Riesgo físico: Ruido
Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas
Soldar tubos y lámina.	Riesgo químico: Gases de soldadura
Colocar la chapa	Riesgo mecánico: Cortes y punzamientos
Trasladar la puerta al área de pintura.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas
Pintado y secado de la puerta.	Riesgo químico: Gases de soldadura

Fuente: Autor

8. EVALUACIÓN DE RIESGOS

La evaluación de riesgos en la fabricación de puertas paneladas se realizó mediante la aplicación de la INSHT, para determinar las consecuencias anteriormente mencionadas, mismas que pueden suceder por dotación de equipo de protección personal, por falta de capacitación ante estos sucesos.

Riesgos Mecánicos:

Tabla 10-3: Factores de riesgo

FACTORES MECÁNICOS	
Inadecuado	
Espacio físico reducido	
Piso irregular, resbaladizo	
Obstáculos en el piso	
Desorden	
Máquinaria desprotegida	
Manejo de herramienta cortante y/o punzante	
Manejo de armas de fuego	
Circulación de maquinaria y Vehículos en áreas de trabajo	
Desplazamiento en transporte (terrestre, aéreo, acuático)	
Transporte mecánico de cargas	
Trabajo a distinto nivel	
Trabajo subterráneo	
Trabajo en altura (desde 1.8 metros) caída de objetos por derrumbamiento o desprendimiento	
Caída de objetos en manipulación	
Proyección de partículas	
Superficies o materiales calientes	
Trabajos de mantenimiento	
Trabajo en espacios confinados	

Fuente: INSHT

Una vez identificado los riesgos mecánicos se realiza la estimación del riesgo de manejo de herramientas cortante y/o punzante, mediante la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como ligeramente dañino (daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo, etc.) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad media (el daño ocurrirá en algunas ocasiones), como resultado obtenemos un riesgo tolerable.

Tabla 11-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT

La estimación del riesgo de proyección de partículas es la siguiente, la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como dañino (laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores.) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad media (el daño ocurrirá en algunas ocasiones), como resultado obtenemos un riesgo moderado.

Tabla 12-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT

Riesgo Físico:

Tabla 13-3: Factores de riesgo

FACTORES FISICOS										
Temperatura elevada	Temperatura baja	Iluminación insuficiente	Iluminación excesiva	Ruido	Vibración	Radiaciones ionizantes	Radiación no ionizante (UV, IR, electromagnética)	Presiones anormales (presión atmosférica, altitud geográfica)	Ventilación insuficiente (fallas en la renovación de aire)	Mangajo eléctrico

Fuente: INSHT

Una vez identificado los riesgos físicos se realiza la estimación del riesgo del ruido, mediante la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como daño (laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad media (el daño ocurrirá en algunas ocasiones), como resultado obtenemos un riesgo moderado.

Tabla 14-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	RESULTADO
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT

Riesgo Químico:

Tabla 15-3: Factores de riesgo

FACTORES QUIMICOS								
Polvo orgánico	Polvo inorgánico (mineral o metálico)	Gases de soldadura	Vapores de soldadura	Nieblas de soldadura	Aerosoles	Smog (contaminación ambiental)	Manipulación de químicos (sólidos o líquidos)	Emissiones producidas

Fuente: INSHT

Una vez identificado el riesgo químico se realiza la estimación del riesgo de gases por soldadura, mediante la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como daño (laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad baja (el daño ocurrirá raras veces), como resultado obtenemos un riesgo tolerable.

Tabla 16-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	RESULTADO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT

Riesgo Ergonómico:

Tabla 17-3: Factores de riesgo

FACTORES ERGONÓMICOS				
Sobreesfuerzo físico	Levantamiento manual de carga	Movimiento corporal repetitivo	Posición forzada (de pie, sentada, encorvada, acostada)	Uso inadecuado de pantallas de visualización PVD's

Fuente: INSHT

Una vez identificado el riesgo ergonómico se realiza la estimación del riesgo del levantamiento manual de cargas, mediante la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como daño (laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad media (el daño ocurrirá en algunas ocasiones), como resultado obtenemos un riesgo moderado.

Tabla 18-3: Cualificación o estimación cualitativa del riesgo.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	RESULTADO
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT






9. MEDIDAS DE CONTROL

Mediante la evaluación, se califica el manejo de herramientas cortante y/o punzante y el de gases por soldadura como riesgos tolerables (no se necesita mejorar la acción preventiva), sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no

supongan una carga económica importante y los factores de proyección de partículas, ruido y levantamiento manual de carga como riesgos moderados (se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas), las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado.

En resumen las medidas preventivas que se van a tomar en la fabricación de puertas paneladas es la dotación de los equipos de protección personal que el operario requiere tales como son: guantes, gafas de seguridad, mascarilla y guantes para soldar, mascarilla para pintura.

Tabla 19-3: Equipos de protección personal producción de puertas paneladas

Equipos de protección personal	Descripción
	<p>Guantes de Napa</p> <p>Se utilizan para manipular el material. Evitando cortes, punzamientos o golpes en las manos</p>
	<p>Gafas de protección Némesis</p> <p>Al cortar los tubos o el tol, se produce proyección de partículas por eso es necesario usar gafas de seguridad.</p>
	<p>Careta para soldar AMC , guantes de cuero tipo API y mandil de cuero AMC</p> <p>La máscara se usa para evitar emanar los gases que produce la soldadura.</p> <p>Los guantes y el mandil se usan para evitar el contacto con las superficies que están a elevada temperatura y así evitar quemaduras.</p>
	<p>Máscara 6800 full face</p> <p>Para evitar la emanación de las partículas de pintura que están en el aire se utiliza la máscara para pintar.</p>
	<p>Orejera Peltor X5</p> <p>Al cortar los tubos y el tol se produce ruido por este motivo se requiere orejeras.</p>

Fuente: Autor

Para un mejor análisis de los riesgos en INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA se realizó una matriz en la tabla 14, la cual consta de su respectivo encabezado, el puesto de trabajo, las actividades del proceso de producción de puertas paneladas, los riesgos

asociados a dichos puestos de trabajo y por último encontramos las medidas de control preventivo para la mitigación del riesgo y la mejora continua del proceso.

Tabla 20-3: Matriz de análisis de riesgo del trabajo

 ANÁLISIS DE RIESGOS DEL TRABAJO			
EMPRESA:		INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA	
PUESTO DE TRABAJO:			
N° _	Actividad del Proceso	Riesgos Asociados	Medidas de Control Preventivo
1° _			
2° _			
3° _			
4° _			
5° _			
Evaluación realizada por:		Firma:	Fecha:
Fecha próxima de evaluación			

Fuente: Autor

3.8.4 Diagrama de Pareto

Las operaciones que se detallan en el diagrama de procesos se representan en el diagrama de Pareto, a fin de conocer qué operaciones generan mayor impacto en el proceso en lo relacionado al tiempo que tardan para llevarse cabo. Las operaciones se ordenan de mayor a menor como se detalla a continuación.

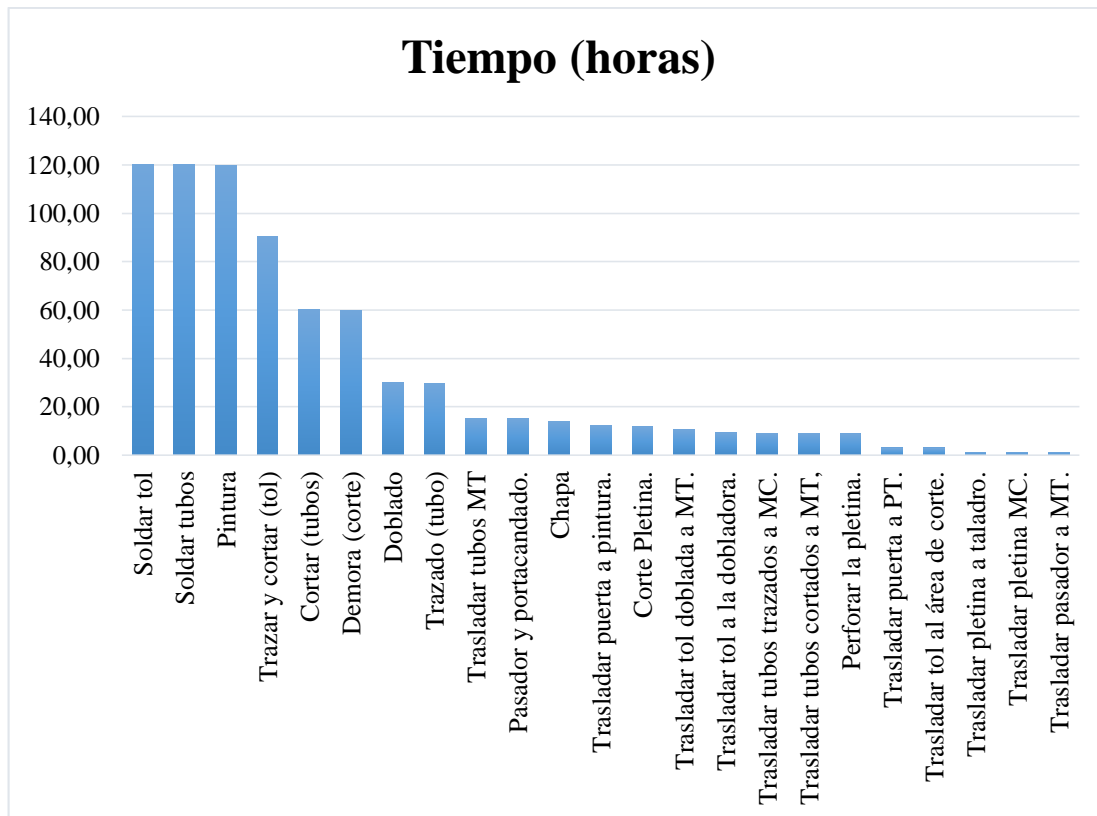


Gráfico 1-3: Diagrama de Pareto
Realizado por: Autor

Las operaciones de soldadura (tubos, tol) y pintura son las que ocupan mayor tiempo cada una aproximadamente 2 horas. Los transportes del material son aquellas operaciones que tardan el menor tiempo, todas menores a 15 min.

3.8.5 Diagrama de recorrido

En el diagrama de recorrido se obtiene una visión clara del flujo del producto dentro de la planta de producción. Las líneas de recorrido demuestran que la distribución de planta no es adecuada ya que existen cruces entre las líneas, la línea roja representa el proceso principal para la elaboración de puertas, la línea verde representa el subproceso de las láminas de tol y la línea morada representa el subproceso para la elaboración del pasador para el candado.

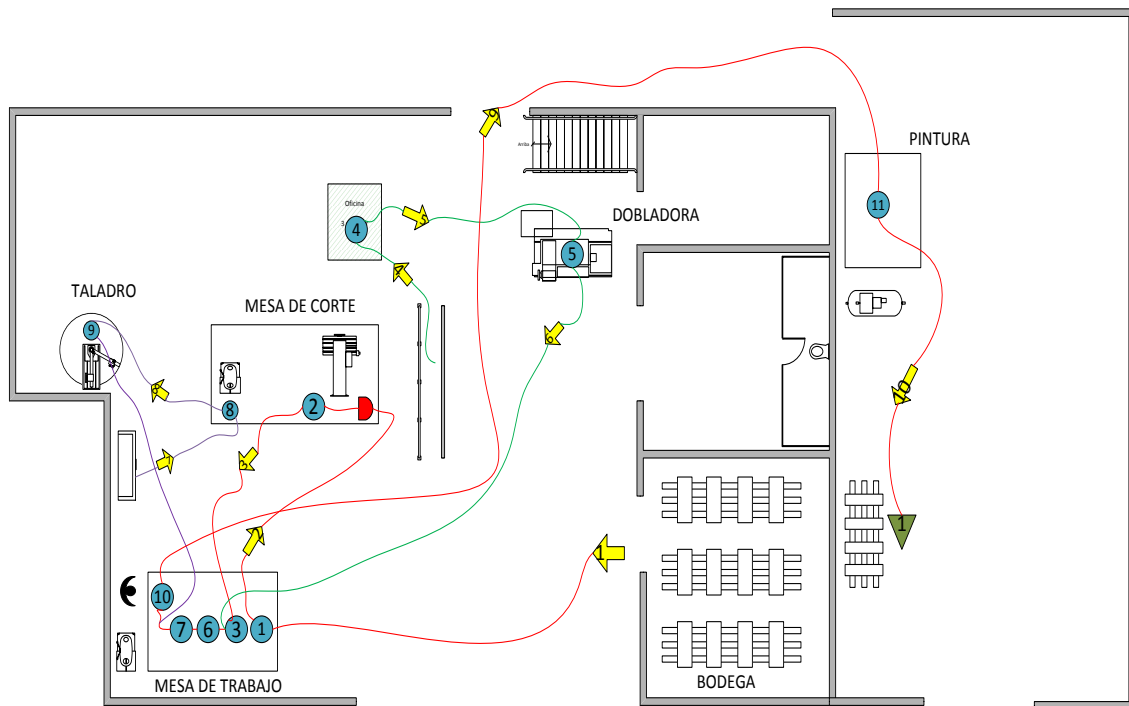


Figura 4-3: Diagrama de recorrido
Realizado por: Autor

Otro aspecto importante que se puede determinar en el diagrama, es el número excesivo de operaciones y transportes del producto dentro de la planta. Este aspecto se mitigará con el desarrollo del método mejorado.

3.8.4.1 Diagrama de recorrido para puntos críticos

Los puntos críticos del diagrama de recorrido se localizan en la mesa de corte y en la mesa de trabajo. A fin de visualizar a detalle las actividades que se realizan en los puestos de trabajo se realiza el diagrama de recorrido para puntos críticos que se detalla a continuación.

- **Mesa de corte:** Se considera un punto crítico ya que en este puesto de trabajo se produce la demora en el proceso de fabricación de puertas paneladas. En la mesa de corte se realiza la operación 2 (Corte de los tubos cuadrados para formar el marco de la puerta) y la operación 8 (Dimensionado y corte de la pletina para fabricar el picaporte).

MESA DE CORTE

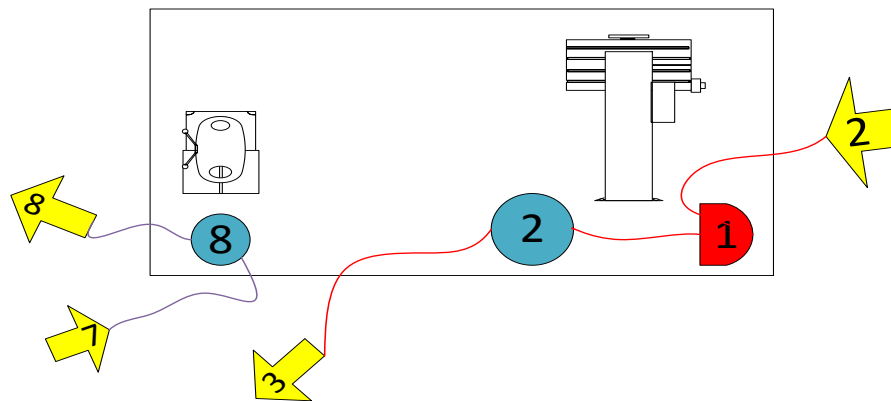


Figura 5-3: Diagrama de recorrido, mesa de corte
Realizado por: Autor

- **Mesa de trabajo:** Se considera un punto crítico porque en este puesto de trabajo se realizan la mayoría de operaciones y por ende existen más transportes del material para la fabricación de puertas paneladas. En la mesa de trabajo se realiza la operación 1 (trazado), operación 3 (soldadura del marco de la puerta), operación 6 (soldadura de las láminas de tol), operación 7 (colocar la chapa) y operación 10 (colocar el picaporte).

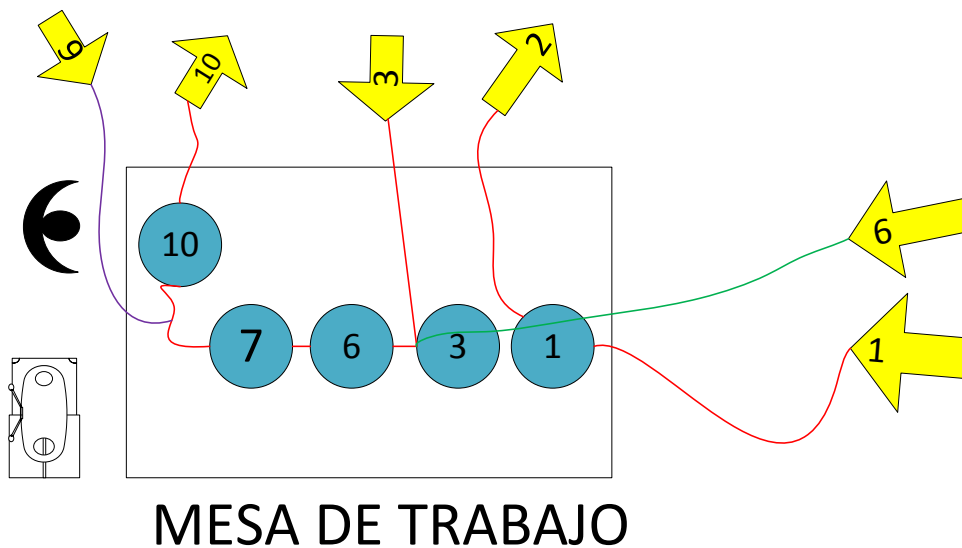


Figura 6-3: Diagrama de recorrido, mesa de trabajo
Realizado por: Autor

3.8.6 Diagrama de actividades múltiples

A fin de identificar los tiempos improductivos de los operarios en el proceso de producción de puertas enrollables se realizó el diagrama de actividades múltiples que se detalla a continuación.

Tabla 21-3: Diagrama de actividades múltiples

Tiempo	Operarios			Máquinas										
	Min	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Cortadora (tubo)	Soldadora	Compresor	Cortadora (tol)	Taladro					
30	Trazado (tubos)	Pintado en otras líneas de producción.	Pintado en otras líneas de producción.	En operación	En operación	En operación	En operación	En operación	En operación					
60														
90	Demora en el proceso de corte.			Corte (tubos)	Corte (tubos)					En operación	En operación	En operación	En operación	En operación
120														
150	Soldadura (marco)			En operación	En operación					En operación	En operación	En operación	En operación	En operación
180														
210	Trazado y corte (tol)			En operación	En operación					En operación	En operación	En operación	En operación	En operación
240														
270														
300														
330	Corte (tol)	En operación	En operación	En operación	En operación	En operación	En operación	En operación						
360														
390														
420														

Tabla 22-3 (Continúa): Diagrama de actividades múltiples

Tiempo	Operarios			Máquinas				
	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Cortadora (tubo)	Soldadora	Compresor	Cortadora (tol)	Taladro
450	Soldadura (tol)	Pintado en otras líneas de producción.	Pintado en otras líneas de producción.	En operación	Soldadura (tol)	En operación	En operación	En operación
480								
510								
540								
570	Fabricación del picaporte			Corte (pletina)	En operación	En operación	En operación	Agujear platina
600								
630	Actividades en otra línea de producción.	Pintado	Pintado (Macillado)	En operación	En operación	En operación	En operación	En operación
660								
690								
720								
750			Tiempo improductivo			Pintado		
<i>TP (min)</i>	695.4	755.4	675.4	755.4	755.4	755.4	755.4	755.4
<i>TI (min)</i>	60	0	80	0	0	0	0	0

Fuente: Autor

Mediante el análisis del diagrama de actividades simultáneas se determina que el tiempo improductivo (60 minutos) del operario 1 se debe a la demora que existe en la mesa de corte. En el pintado de la puerta el tiempo improductivo (80 minutos) del operario 3 se da cuando el operario 2 está utilizando el compresor para pintar la puerta. Con el desarrollo del nuevo método de trabajo se aspira a reducir los tiempos improductivos del proceso.

Las máquinas no permanecen inactivas ya que se utilizan en las otras líneas de producción de la empresa.

3.8.7 Diagrama bimanual

El diagrama bimanual se realizó para estudiar el proceso de soldadura, en el diagrama se detallan los movimientos de las manos individualmente a fin de identificar los tiempos y las actividades que se realizan para soldar y en caso de existir una actividad innecesaria eliminarla.

3.8.6.1 Diagrama bimanual (soldadura del marco)

El proceso de soldadura del marco de la puerta se detalla a continuación.

Tabla 23-3: Diagrama bimanual del proceso de soldadura (marco)

DIAGRAMA BIMANUAL										
Método: Actual					Hoja 1 de 1					
Actividad: Soldadura	ACTIVIDAD				Actual		Propuesto		Economía	
					Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.
	Operación	●			4	9				
	Sostenimiento	▼			2	1				
Descripción: Elaboración del marco	Movimiento	➔			1	1				
	Espera	◐			4	0				
	Total				11	11				

Descripción Mano Izquierda	SIMBOLO								Descripción Mano Derecha	
	●	➔	◐	▼	Tiempo (min)	●	➔	◐		▼
Traslado de materiales al área de trabajo. (EPP, cepillo, portaelectrodos, electrodos)					10					Traslado de materiales al área de trabajo. (EPP, cepillo, portaelectrodos, electrodos)
Posiciona los componentes a soldar.					15					Posiciona los componentes a soldar.
Espera					1.5					Regular amperaje.
Espera					0.5					Colocar pinza a negativo.
Colocar EPP					4.2					Colocar EPP
Toma electrodos (x8)					3.2					Espera (x8)
Espera (x8)					3.03					Toma Portaelectrodos (x8)
Coloca electrodo en el portaelectrodo. (x8)					2.98					Coloca electrodo en el portaelectrodo. (x8)
Espera					2.32					Se coloca la máscara para soldar. (x32)
Sostiene el material (x32)					60.42					Realiza el cordón de suelda (x32)
Sostiene el material (x32)					17					Pulido y limpieza del cordón (x32)
					120.15					

Fuente: Autor

El proceso de soldadura del marco tarda 120.15 minutos aproximadamente 2 horas, cabe mencionar que se realiza 32 cordones de soldadura para la construcción del marco.

3.8.6.2 Diagrama bimanual (soldadura del tol)

El proceso de soldadura del tol se detalla a continuación.

Tabla 24-3: Diagrama bimanual del proceso de soldadura (tol)

DIAGRAMA BIMANUAL										
Método: Actual					Hoja 1 de 1					
Actividad: Soldadura	ACTIVIDAD				Actual		Propuesto		Economía	
					Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.
	Operación	Sostenimiento	Movimiento	Espera						
Descripción: Elaboración del marco					4	9				
					2	1				
					1	1				
					4	0				
				Total	11	11				
Descripción Mano Izquierda	SIMBOLO								Descripción Mano Derecha	
	●	➔	◐	▼	Tiempo (min)	●	➔	◐		▼
Traslado de materiales al área de trabajo. (EPP, cepillo, portaelectrodos, electrodos)					10					Traslado de materiales al área de trabajo. (EPP, cepillo, portaelectrodos, electrodos)
Posiciona los componentes a soldar.					15					Posiciona los componentes a soldar.
Espera					1.5					Regular amperaje.
Espera					0.5					Colocar pinza a negativo.
Colocar EPP					4.2					Colocar EPP
Toma electrodos (x5)					2					Espera (x5)
Espera (x5)					1.89					Toma Portaelectrodos (x5)
Coloca electrodo en el portaelectrodo. (x5)					1.86					Coloca electrodo en el portaelectrodo. (x5)
Espera					1.45					Se coloca la máscara para soldar. (x20)
Sostiene el material (x20)					69.83					Realiza el cordón de suelda (x20)
Sostiene el material (x20)					12					Pulido y limpieza del cordón (x20)
					120.23					

Fuente: Autor

El proceso de soldadura del tol tarda 120.23 minutos aproximadamente 2 horas, cabe mencionar que se realiza 20 cordones de soldadura para la construcción del marco.

3.9 Tiempo tipo

La determinación del tiempo tipo requiere de la colaboración de los operarios, las operaciones se realizan en condiciones normales siguiendo paso a paso el proceso establecido en el estudio de métodos. No todos los operarios tienen la misma habilidad para realizar una actividad, por lo que es necesario clasificarlos según su ritmo de

trabajo; se asigna un factor de valoración igual a 1 si el operario traba a ritmo normal, 0.5 si trabaja a medio ritmo y mayor a 1 si trabaja a un ritmo mayor al normal.

3.9.1 División de la operación en elementos


El proceso se divide en elementos susceptibles de ser claramente cronometrados y registrados en la secuencia que estos se van desarrollando. El proceso de elaboración de puertas paneladas se divide en cuatro elementos:

- **Elaboración del cuadro:** Lo conforman las siguientes actividades principales: corte y soldadura de los tubos de acero galvanizado.
- **Corte y montaje del tol:** Lo conforman las siguientes actividades principales: corte de la lámina de tol y soldadura en el cuadro.
- **Montaje de la chapa y el picaporte:** Lo conforman las siguientes actividades principales: fabricación y montaje del picaporte, montaje de la chapa.
- **Pintura:** Pintado de la puerta.

3.9.2 Toma y registro de datos

Para la toma y registro de tiempos se utilizó el método de lectura repetitiva o de vuelta a cero, el cual consistió en retroceder a cero el cronómetro una vez finalizada la medición de cada elemento. Se cronometró el primer elemento, se anotó el tiempo cronometrado y se continuó con la medición del resto de elementos. Para la toma y registro de datos se realizaron quince lecturas con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos. El resultado se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 25-3: Registro de tiempos actuales

REGISTRO DE TIEMPOS (HORAS)															
															
HOJA 1 DE 1 HOJAS		FECHA: 13/12/2018													
OPERACIÓN: Elaboración de puertas pa		HOMBRE:					X	MUJER:							
EXPERIENCIA EN LA TAREA: 12 años		MATERIAL: Acero galvanizado													
ELEMENTOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1. Elaboración del cuadro.		5,05	4,93	5,03	5,02	5,04	5,03	5,18	5,25	5,09	5,09				
2. Corte y montaje del tol.		4,37	4,33	4,35	4,31	4,36	4,34	4,37	4,40	4,39	4,39				
3. Montaje de la chapa y el picaporte.		1,09	1,09	1,11	1,11	1,14	1,11	1,10	1,14	1,12	1,09				
4. Pintura.		2,03	2,03	2,05	2,05	2,04	2,05	2,06	2,05	2,05	2,06				
TOTAL		12,54	12,38	12,54	12,49	12,58	12,53	12,71	12,84	12,65	12,63				
		11	12	13	14	15						TIEMPO ELEGIDO (horas)	TIEMPO ELEGIDO (minutos)	S	CV
1. Elaboración del cuadro.		5,05	4,93	5,03	5,02	5,04						5,06	303,54	0,0783	0,0155
2. Corte y montaje del tol.		4,37	4,33	4,35	4,31	4,36						4,36	261,66	0,0268	0,0061
3. Montaje de la chapa y el picaporte.		1,10	1,09	1,11	1,11	1,14						1,11	66,6	0,0175	0,0158
4. Pintura.		2,03	2,03	2,05	2,05	2,04						2,06	123,6	0,0102	0,0050
TOTAL		12,55	12,38	12,54	12,49	12,58						TOTAL	12,59	755,4	
TIEMPO ELEGIDO: 12,59		FACTOR DE VALORACIÓN: 1			TIEMPO NORMAL: 12,59			SUPLEMENTOS: 7%			TIEMPO TIPO: 13,47 h (808,2 min)				

Fuente: Autor

Como resultado se obtuvo un tiempo promedio igual a 12.59 horas.

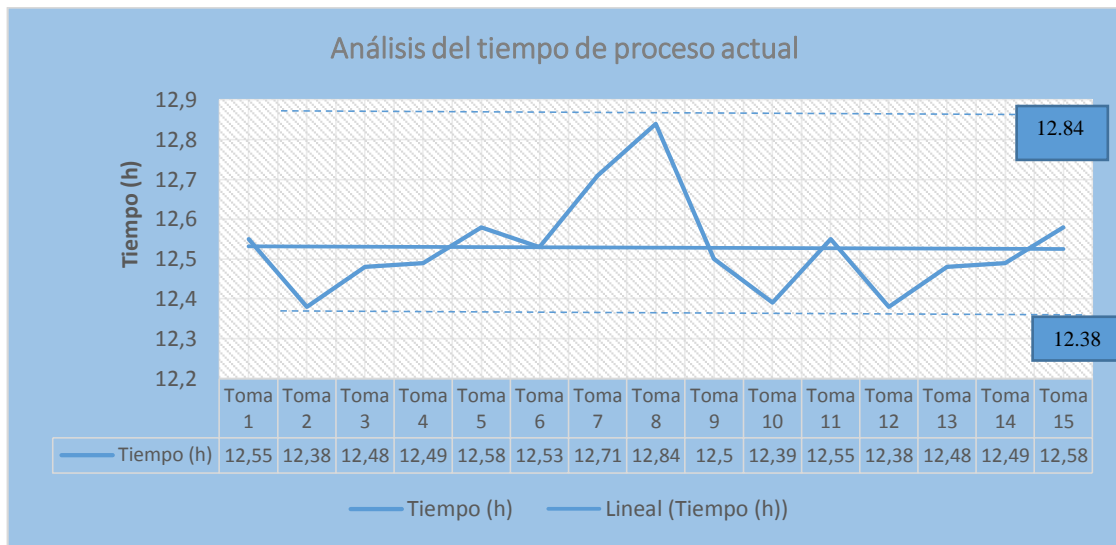


Gráfico 2-3: Toma de tiempos del proceso actual

Realizado por: Autor

En el análisis del tiempo de proceso actual se comprueba que no se maneja un tiempo estándar; el tiempo fluctúa entre un límite mínimo de 12.38 horas y un límite máximo de 12.84 horas, cuya variación ocurre principalmente por la demora que existe en la mesa de corte. Esta demora se mitigará con el desarrollo del método mejorado.

3.9.3 Número de ciclos a cronometrarse

Para el cálculo del número de ciclos a cronometrarse se utiliza la siguiente ecuación: (Escalante, 2019)

$$N = \left(\frac{st}{kx} \right)^2$$

Donde la selección del valor de “t” de la tabla T student se detalla en el Anexo F y es igual a $t_{\alpha/2} = 2,145$ para $n-1=14$ grados de libertad y con un nivel de confianza del 95%. En función del mayor coeficiente de variación calculado en la tabla de registro de toma de tiempos se determinó que el número de ciclos a cronometrarse debe realizarse según el elemento 3 correspondiente al montaje de la chapa y picaporte como se detalla a continuación:

- Montaje de la chapa y el picaporte: Se ha realizado 15 observaciones, los datos se muestran a continuación.

Tabla 26-3: Lectura del cronometro del elemento 3

N°	Lectura individual (X)	N°	Lectura individual (X)
1	1.09	9	1.12
2	1.09	10	1.09
3	1.11	11	1.10
4	1.11	12	1.09
5	1.14	13	1.11
6	1.11	14	1.11
7	1.10	15	1.14
8	1.14	Promedio	$\bar{X} = 1.11$
Desviación Estándar	$s = 0.0175119$	Margen de error	$k = 0.01$

Fuente: Autor

Sustituyendo los datos en la fórmula se obtiene:

$$N = \left(\frac{(0.0175119)(2.145)}{(0.01)(1.11)} \right)^2$$

$$N = 11.45 \approx 12$$

El número de ciclos que deben cronometrarse son 12 por lo tanto el número de lecturas realizadas del elemento 2 es adecuado.

3.9.4 Cálculo del tiempo tipo

El tiempo tipo es el tiempo que un operario adiestrado trabajando a paso normal tarda para fabricar una puerta panelada considerando el tiempo de demoras y necesidades personales. A continuación se detalla el cálculo del tiempo tipo paso a paso para lo cual se utiliza los datos de la tabla anterior.

- **Tiempo de operación:** Es el tiempo medio de las lecturas realizadas.

$$\text{Tiempo de operación} = E1 + E2 + E3 + E4$$

$$\text{Tiempo de operación} = 12.59 \text{ horas (755.4 min)}$$

- **Valoración del paso al que realiza la operación:** El factor de valoración que se asigna es igual a 1 porque el ritmo de trabajo del operario es normal.
- **Tiempo normal:** Es igual al tiempo de operación multiplicado por el factor de valoración.

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo de la operación} \times \text{Factor de valoración}$$

$$\text{Tiempo normal} = 12.59 \times 1$$

$$\text{Tiempo normal} = 12.59 \text{ horas (755.4 min)}$$

- **Suplementos:** Por demoras en la fabricación se toma un 2% y por necesidades personales 5% que es el porcentaje que se asigna para el sexo masculino.
- **Tiempo tipo:** Es igual al tiempo normal más los suplementos.

$$\text{Tiempo tipo} = \text{Tiempo normal} + \text{Porcentaje de Suplemento (Tiempo normal)}$$

$$\text{Tiempo tipo}=12.59+0.07(12.59)$$

$$\text{Tiempo tipo}=13.47 \text{ horas (808.2 min)}$$

El tiempo para fabricar una puerta panelada es igual a 13.47 horas (808.2 min), el tiempo es elevado mediante el estudio de métodos y tiempos se reducirá tal tiempo con el fin de incrementar la productividad en el proceso de elaboración.

3.10 Cálculo del takt time

Para el cálculo del takt time se utilizó la siguiente ecuación: (Rajadell, y otros, 2010)

$$\text{Takt time}=\frac{\text{tiempo de trabajo}}{\text{producción requerida}}$$

En teoría; la jornada normal de trabajo de la empresa debe ser de 8 horas diarias y la producción requerida es de 1 puerta diaria. Con estos datos el takt time es igual a:

$$\text{Takt}_{\text{teórico}}=\frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ puerta}}=8 \text{ h/puertas}$$

En la práctica; el tiempo que tarda la empresa para fabricar una puerta panelada es de 13.47 horas, con lo cual el takt time real es:

$$\text{Takt}_{\text{real}}=\frac{13.47 \text{ horas}}{1 \text{ puerta}}=13.47 \text{ h/puerta}$$

Como se puede observar la empresa está produciendo con un takt time mayor al requerido; por medio del presente trabajo de titulación se espera reducir este tiempo.

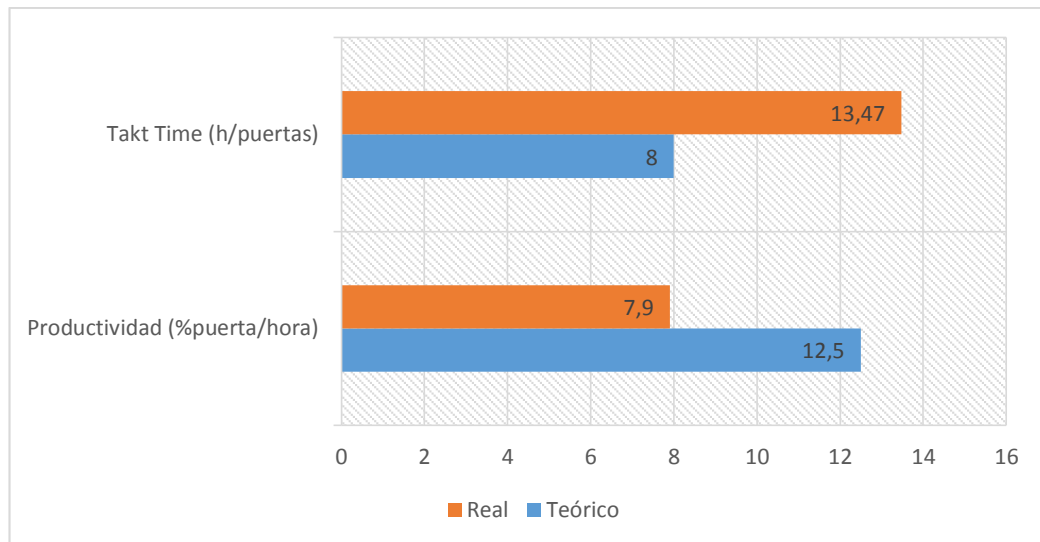


Gráfico 3-3: Comparación takt time y productividad
Realizado por: Autor

3.11 Análisis del estudio de métodos y tiempos actuales

En el estudio de métodos y tiempos en el proceso actual de elaboración se evidencia la baja productividad ya que el tiempo del cliente es de 8h/puerta, pero la empresa actualmente trabaja con un tiempo de 13.47 h/puerta. Esto se debe al elevado tiempo de producción de puertas paneladas (13.47 horas), lo que a su vez se traduce en altos costos de producción (202.16 dólares/puerta). Esto se debe principalmente a los siguientes factores:

- **Demora en la operación de corte de los tubos cuadrados.** - La demora se produce cuando operarios de otra línea de producción están utilizando la mesa de corte cuando el operario de puertas paneladas la requiere. Esto se debe a que en el área de trabajo existe una sola mesa de corte y de acuerdo a las necesidades de producción se requiere otra mesa para el corte.
- **Deficiente distribución de planta.** - En el diagrama de recorrido, al analizar las líneas de flujo del proceso, se evidencia la deficiente distribución de planta ya que existe un excesivo número de transportes del material y existe cruces en las líneas de recorrido. Como consecuencia se incrementa el tiempo de producción.
- **Método de trabajo inadecuado.** - Existen operaciones innecesarias las cuales se analizarán en el posterior capítulo de una forma detallada y existen operaciones que

se pueden unificar. Además, el orden en el que se lleva a cabo las actividades es inadecuado. Como consecuencia se eleva el tiempo de producción.

- **Manejo ineficiente de materiales.** - El operario dispone de un armario pequeño y una caja de herramientas totalmente desordenado lo que ocasiona que al momento de requerir una herramienta el operario no sabe dónde se encuentra y se demora en encontrarlo, lo cual incrementa el tiempo de producción.



Figura 7-3: Manejo ineficiente de materiales
Realizado por: Autor

3.12 Análisis de costos (Situación Inicial)


Los siguientes factores: demora en la operación de corte de los tubos cuadrados, deficiente distribución de planta, método de trabajo inadecuado y manejo ineficiente de materiales elevan el costo de producción. A continuación, se determina el costo actual para la elaboración de una puerta panelada, posteriormente se realizó un análisis de costos eliminando los factores citados a fin de reducir el costo obtenido.

- **Mano de obra directa (MOD).** - En el proceso trabajan tres operarios, para el análisis se divide el proceso en 2 componentes: armado de la puerta (1 operario) y pintado de la puerta (2 operarios).

Para el cálculo del costo de mano de obra directa es importante considerar que la jornada de trabajo es de 8 horas porque así lo establece el Código de Trabajo del Ecuador, al mes 160 horas. Para el cálculo de la tasa por hora se divide el salario mensual de 500 dólares de cada trabajador para el total de horas mensuales

laboradas. El costo total de la mano de obra para una jornada laboral normal sería igual al tiempo de 8 horas por la tasa/hora, pero para el armado de la puerta panelada se requieren horas extras y según el código de trabajo se debe realizar un 50% de recargo en el pago del trabajador por cada hora extra como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 27-3: Costo MOD (Situación Inicial)


 INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA		ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD (Situación Inicial)	
Horas mensuales		160	
Salario mensual (dólares)		500.00	
Costo por hora = $\frac{\text{Salario mensual}}{\text{Horas mensuales}}$		$\frac{500}{160} = 3.13$ dólares/hora	
Costo por hora extra (Recargo 50%)		$3.13 \times 1.5 = 4.70$ dólares	
Tiempo (horas)	10.54	10.59 (Máximo)	
		10.15 (Mínimo)	
Costo (dólares)	\$ 36,98	\$ 37,21	
		\$ 35,15	

Fuente: Autor

El costo promedio de MOD para el armado de la puerta panelada es de 36,98 dólares, el costo máximo es de 37,21 dólares y el costo mínimo es de 35,15 dólares.

En el área de pintura laboran dos trabajadores, su salario mensual es de 500 dólares. El cálculo del costo de MOD se realiza de la misma forma que el cálculo anterior como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 28-3: Costo MOD (Dos operarios)

 INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA		ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD			
Proceso	(1) Horas mensuales	(2) Salario mensual (dólares)	(2) / (1) Tasa por hora (Dólares)		
	160	500,00	3,13		
	Operarios	2	6,26		
Pintura	(3) Tiempo (horas)	(4) Tasa por hora (Dólares)	(3)x(4) Costo total (Dólares)		
	2.05	6,26	12,83	$\frac{2.06}{2.03}$	$\frac{12,90}{12,71}$

Fuente: Autor

El costo promedio de MOD en el área de pintura es de 12,83 dólares, el costo máximo es de 12,90 dólares y el costo mínimo es de 12,71 dólares.

Para el cálculo del costo total de MOD se suma el costo MOD para el armado de la puerta panelada más el costo MOD del área de pintura como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 29-3: Costo total (MOD)

		COSTO TOTAL
<i>Armado de la puerta panelada</i>	36,98	37,21
		35,15
<i>Pintura</i>	12,83	12,90
		12,71
<i>Total</i>	49.81	50.11
		47.86

Fuente: Autor

Finalmente el costo promedio de la mano de obra directa para la fabricación de una puerta panelada es de 49,81 dólares. El costo máximo es igual a 50,11 dólares y el costo mínimo es igual a 47,86 dólares.

- **Materiales directos:** Los materiales directos constituyen la materia prima para la fabricación de la puerta y son: lámina de tol prensada, tubos cuadrados, chapa, platina de acero para el picaporte y electrodos para la soldadura.




Figura 8-3: Marco de la puerta

Realizado por: Autor

El cálculo de los costos de los materiales se calcula en función de las dimensiones de la puerta 1.2 m x 2 m mediante reglas de tres simples.


Tabla 30-3: Costo materiales directos (Situación Inicial)

		ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES DIRECTOS		
Materiales	Descripción	Costo total (dólares)	Cantidad de material requerido por cada puerta	Costo por puerta fabricada (dólares)
Lámina de tol prensada	2 m ²	30,00	2.4 m ²	36,00
Tubos cuadrados marco exterior	6 m	35,00	6.4 m	37,33
Tubos cuadrados marco interior	6 m	28,00	8.8 m	41,07
Chapa	1	30,00	1	30,00
Platina de acero	6 m	75,00	0.2 m	2,50
Electrodos	33	18,00	10	5,45
Costo total				152,35

Fuente: Autor

- **Costo total:** El costo total se obtiene sumando el costo de mano de obra directa más el costo de materiales directos.

Tabla 31-3: Costo total (Situación Actual)

		COSTO TOTAL	
MOD	<i>49.81</i>	<i>50.11</i>	<i>47.86</i>
Materiales	152,35		
Total	202,16	202,46	200,21

Fuente: Autor

El costo promedio total una puerta panelada es de 202,16 dólares; el costo máximo es de 202,46 dólares y el costo mínimo es de 200,21 dólares. A través de la propuesta del método más adecuado de fabricación se pretende disminuir el costo obtenido.

3.13 Análisis de la productividad

Para el análisis de productividad se utiliza el registro de tiempos actuales donde se realizó 15 tomas del tiempo del proceso de elaboración de una puerta panelada. La productividad se calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{1 \text{ puerta}}{12.59 \text{ horas}} = 0.079 \frac{\text{puerta}}{\text{hora}} = 7,9 \% \frac{\text{puerta}}{\text{hora}}$$

En términos de porcentajes, en promedio el operario elabora el 7,9 % de la puerta en una hora, con una productividad máxima de 8,1 % y una productividad mínima del 7,8 %. Mediante el estudio de métodos y tiempos se pretende elevar la productividad.

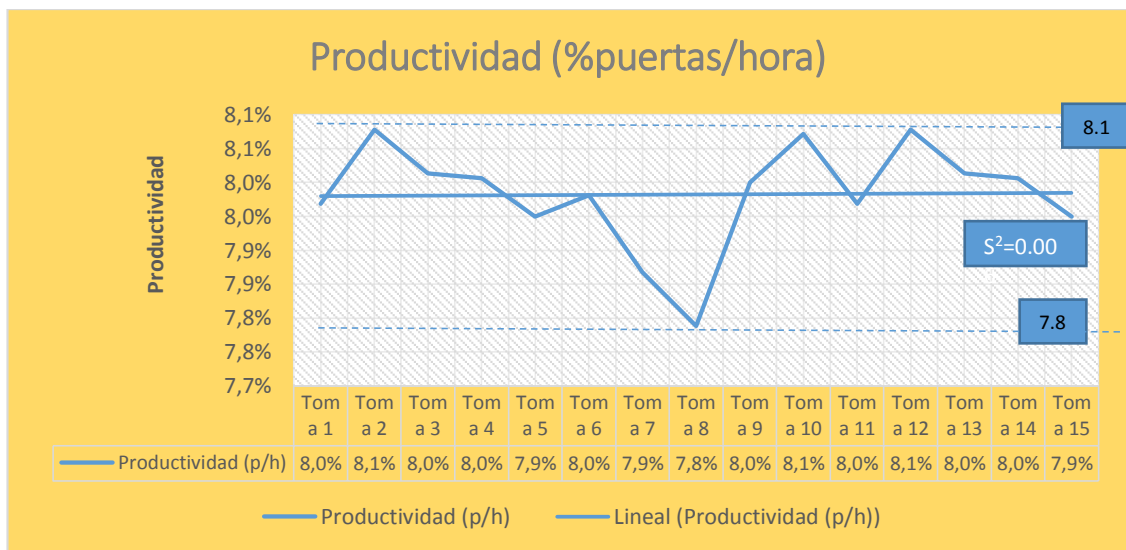


Gráfico 4-3: Análisis de la productividad
Realizado por: Autor

CAPÍTULO IV

4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO

Una vez finalizado el estudio de métodos y tiempos de la situación actual del proceso de fabricación de puertas paneladas se establece las oportunidades de mejora que mitiguen los efectos negativos de los factores que afectan la productividad del proceso y así optimizar la fabricación de puertas.

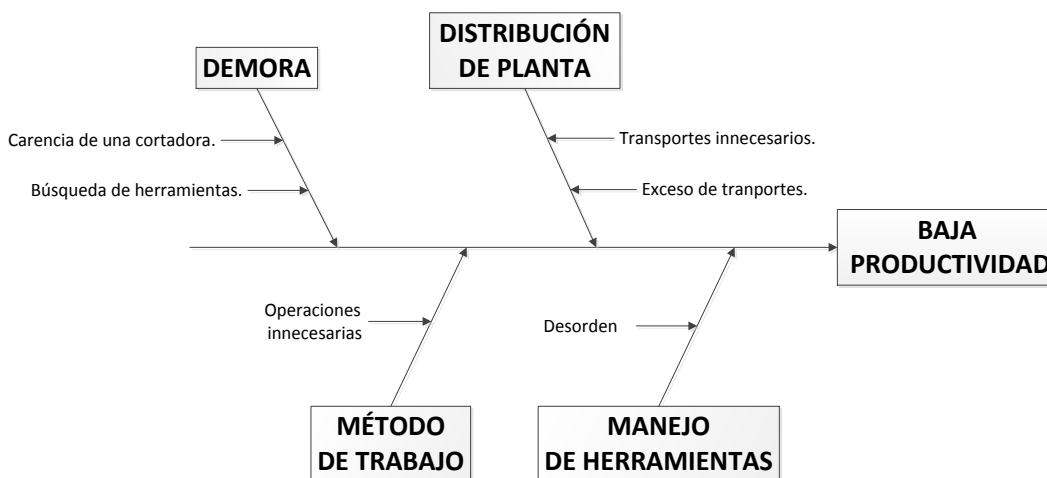


Figura 1-4: Diagrama causa-efecto
Realizado por: Autor

En la siguiente tabla se plantean las situaciones de mejora.

Tabla 1-4: Oportunidades de mejora

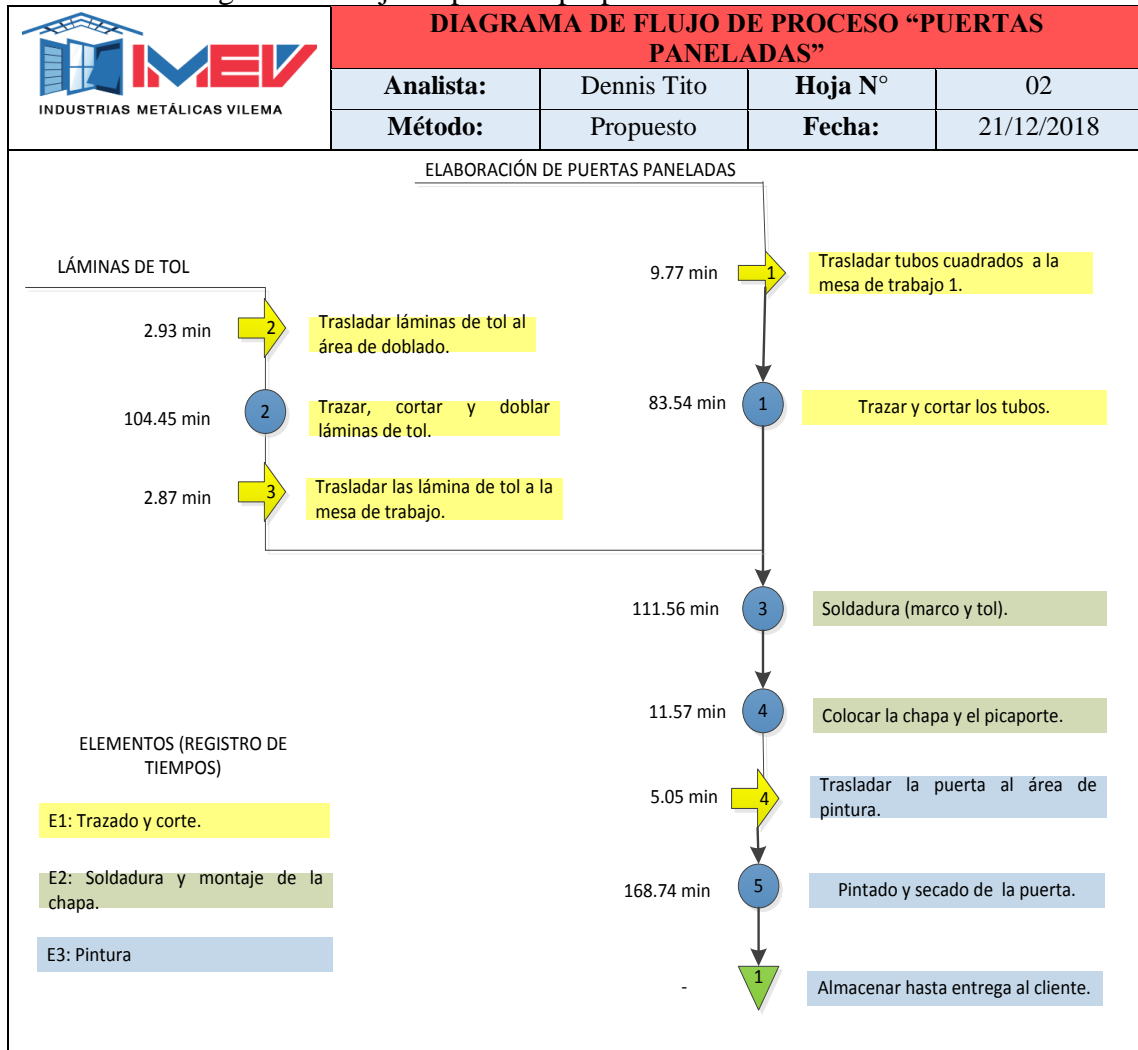
FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD	OPORTUNIDAD DE MEJORA
Método de trabajo inadecuado	Estudio de métodos y tiempos
Distribución deficiente de planta	Propuesta de redistribución de planta
Desorden de herramientas	Manual de orden y control de herramientas
Demora en la operación de corte	Adquisición de una cortadora

Fuente: Autor

4.1 Diagrama de flujo de proceso mejorado

En el análisis de flujo de proceso mejorado se determinó el método que debe realizar el operario para fabricar las puertas paneladas con el fin de optimizar la productividad. Para la elaboración del diagrama de flujo se ha tomado en cuenta las oportunidades de mejora mencionadas en el apartado anterior, el resultado fue el siguiente.

Tabla 2-4: Diagrama de flujo de proceso propuesto



Fuente: Autor

En resumen, en el método propuesto para la fabricación de puertas paneladas se requieren 5 operaciones, 4 transportes y 1 almacén, lo cual se consiguió mediante: la redistribución de planta, la adquisición de una cortadora, la implementación de un manual de orden y control de herramientas y el desarrollo de un nuevo método de trabajo que se detalla a continuación.

4.2 Adquisición de una cortadora

En el análisis de situación actual se identificó una demora a causa de la carencia de una cortadora en la línea de producción de puertas paneladas. La cortadora que se usa actualmente pertenece a otra línea de producción, en ocasiones al momento de requerir su uso, el operario de la otra línea la estaba utilizando y debía esperar hasta que termine de usarla para continuar con la elaboración de la puerta panelada. Por este motivo se adquiere una cortadora de metales.

La cortadora que se adquirió fue la Stanley Ssc22 la cual es utilizada para el corte de cualquier tipo de perfiles estructurales, caldererías y cerrajerías, tiene 3 posiciones de ajuste de guía posterior hasta 45°. Incluye disco 14" (355mm) y manual. Potencia 2.200w. Deflector de chispas para mayor seguridad. Guardia metálica retráctil para una menor exposición del disco y mayor seguridad. La cortadora se observa en la siguiente figura.



Figura 2-4: Cortadora Stanley Ssc22
Realizado por: <https://bit.ly/2CKIPNm>

El costo de la cortadora es de 180 dólares, no se añade un costo para la mesa de la cortadora porque la empresa dispone mesas de trabajo libres.

4.2.1 *Período de recuperación de la inversión*

El período de recuperación de la inversión por la compra de la cortadora es el tiempo en el que se recupera el costo de la máquina que es de 180 dólares. Para el análisis se considera que diariamente la empresa obtiene una ganancia de 50,00 dólares en la línea de producción de puertas paneladas ya que el precio de venta al público es de \$ 252,16 y

el costo es de \$ 202.16, considerando que la demanda diaria es de 1 puerta y restando el precio del costo se obtiene la ganancia de \$ 50,00.

Tabla 3-4: Periodo de recuperación

Día	Flujo de Efectivo	Período de recuperación
0	-180	-180
1	50	-130
2	50	-80
3	50	-30
4	50	20
5	50	70

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla anterior el valor de la inversión se recupera en el día 4, corresponde al día cuyo valor se torna positivo.

4.3 Redistribución de planta

Otro factor negativo que afecta la productividad en la elaboración de puertas paneladas es la deficiente distribución de planta. Se considera deficiente porque en el diagrama de recorrido del proceso actual se determinó que existían demasiados cruces en las líneas de recorrido del producto, además el número excesivo de transportes elevó el tiempo de producción.

Para mitigar este factor se realizó una redistribución de planta que permite un flujo directo del producto (sin cruces en las líneas de recorrido), también se buscó que las distancias entre puestos de trabajo no sean demasiado lejanas para evitar el incremento del tiempo de producción a causa de transportes. En la siguiente figura se puede observar la redistribución propuesta para la fabricación de puertas paneladas (en el Anexo D se encuentra la redistribución con la planta de producción completa).

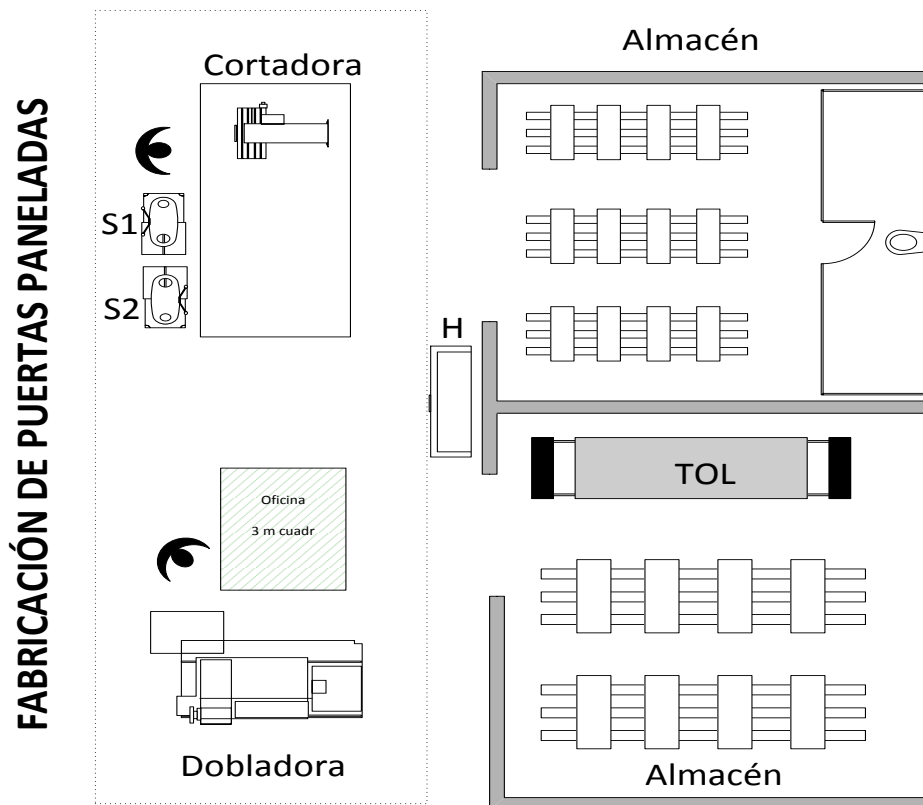


Figura 3-4: Redistribución de planta
Realizado por: Autor

Las siglas S1 y S2 representan a las soldadoras y la letra H al lugar destinado para almacenar todas las herramientas y otros elementos necesarios para la fabricación de puertas paneladas.

4.3.1 Diagrama de recorrido

Una vez realizada la distribución de planta se realiza el diagrama de recorrido que permita visualizar el flujo del producto al interior de la planta de producción. En el diagrama se ubica cada actividad (operación y transporte) del diagrama de flujo del proceso propuesto.

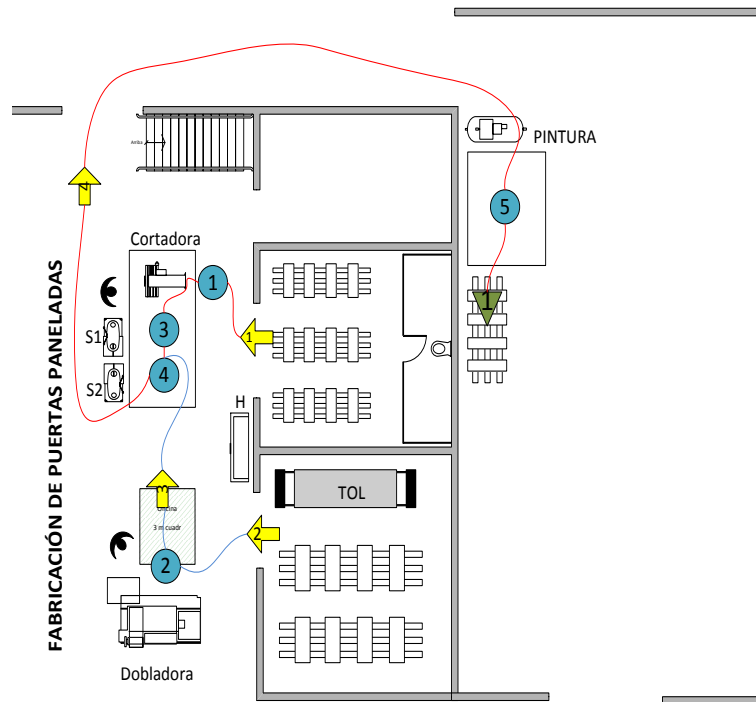


Figura 4-4: Diagrama de recorrido
Realizado por: Autor

Como se puede observar en la figura anterior, las líneas de cruces en el recorrido del producto se han eliminado y las distancias entre puestos de trabajo se han reducido 66 metros, posteriormente se analizó su impacto en el tiempo de transporte y se redujo 54.66 minutos.

4.3.1.1 Diagrama de recorrido de puntos críticos

En el análisis de situación actual se determinó como puntos críticos a la mesa de corte y a la mesa de trabajo porque existía un excesivo número de operaciones y transportes innecesarios. A fin de comparar la propuesta con la situación inicial del proceso se realizó el diagrama de recorrido para puntos críticos.

- **Mesa de corte:** En la mesa de corte se realizó la operación 3 (soldadura del marco y del tol) y la operación 4 (montaje de la chapa y el picaporte).
- **Mesa de trabajo:** En el análisis de situación actual se determinó que en la mesa de trabajo se realizaba la operación 1 (trazado), operación 3 (soldadura del marco de la puerta), operación 6 (soldadura de las láminas de tol), operación 7 (colocar la chapa) y operación 10 (colocar el picaporte). En la propuesta del nuevo método de trabajo

las actividades mencionadas se realizan en la mesa de corte porque de esta forma se reducen movimientos innecesarios del material.

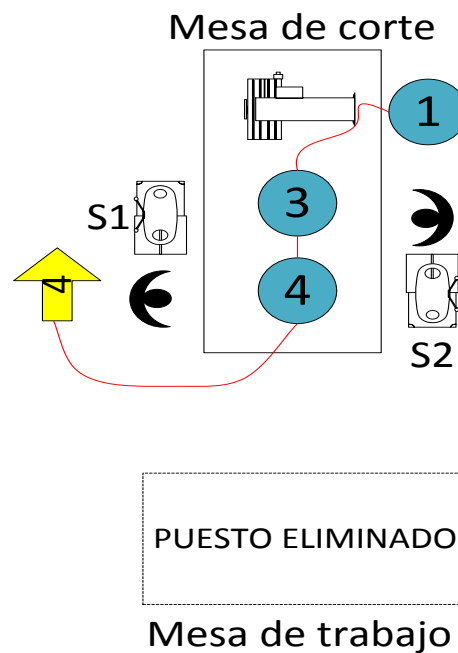


Figura 5-4: Diagrama de recorrido, mesa de corte y mesa de trabajo

Realizado por: Autor

4.4 Manual para el orden y control de herramientas

En el análisis de situación actual se determinó que el manejo de herramientas era inadecuado ya que al momento de requerir una herramienta para el proceso el operario desconocía su ubicación, por lo que requería tiempo para la búsqueda del elemento como consecuencia el tiempo de producción se elevó 16.35 minutos. Para erradicar este factor negativo se elaboró un manual de orden y control de herramientas aplicando principios de la herramienta 5S.

4.4.1 Propuesta de aplicación 5S

El plan de acción 5'S se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4-4: Plan de acción 5'S


HOJA DE CONTROL DE ORDEN Y LIMPIEZA													
Línea de producción				PUERTAS PANELADAS									
Puesto de trabajo				MESA DE CORTE									
Nombre del trabajador													
Fecha													
Componentes	Actividad	Responsable	Tiempo	Recursos	Frecuencia				Supervisor	Cumplimiento			
					Diario	Semanal	Mensual	Anual		25%	50%	75%	100%
Fase inicial	Elaborar/actualizar el manual de orden y control de herramientas	Jefe de producción	1 semana	Equipo de cómputo				X Enero	Gerente				
	Elaborar/Actualizar el inventario de herramientas	Jefe de producción	16 horas	Equipo de computo Listado de herramientas				X Enero	Gerente				
	Limpiar el estante para las herramientas.	Trabajador	8 horas	Franela Productos de limpieza		X Viernes			Jefe de producción				
Seiri (Separar)	Seleccionar las herramientas que realmente se utilizarán para realizar el trabajo.	Trabajador	5 minutos	Orden de producción	X				Jefe de producción				
Seiton (Ordenar)	Colocar las herramientas utilizadas en su lugar destinado.	Trabajador	5 minutos	Estante	X				Jefe de producción				

Tabla 4-4 (Continuación): Plan de acción 5'S

Seiso (Limpiar)	Integrar y practicar la limpieza diaria.	Trabajador	5 a 10 minutos	Productos de limpieza.	X				Jefe de producción				
	Buscar, con la limpieza las fuentes de suciedad, y contaminación hasta eliminar sus causas primarias.	Trabajador	5 a 10 minutos	Productos de limpieza	X				Jefe de producción				
Seiketsu (Estandarización)	Hacer el estándar visible para todos, empleando fotografías de mantenimiento del orden en el estante.	Jefe de producción	30 minutos	Fotografías			X Primera semana		No aplica				
	El empleo de estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.	Jefe de producción	8 horas	Check list			X Primera semana		No aplica				
Shitsuke (Disciplina)	Mantener el lugar de trabajo siempre limpio y ordenado.	Trabajador	5 a 10 minutos	Productos de limpieza	X				Jefe de producción				
	Seguir y respetar las reglas, normas organizacionales y de estándares para conservar el área de trabajo en excelentes condiciones.	Trabajador	Durante la jornada laboral	Manual de orden y control	X				Jefe de producción				
Realizado por: Dennis Tito			Revisado por: Jefe de producción					Aprobado por: Jefe de producción					

Para la implementación de las 5'S se ha establecido la siguiente política empresarial.

Tabla 5-4: Política Interna de las 5'S

	POLÍTICA INTERNA DE LAS 5'S		Código 5'S-POL-001
<p>Objetivo: Eliminar de las áreas de trabajo los elementos innecesarios y mantener dentro del área los elementos que se necesitan.</p>			
<p>El orden y el aseo en el trabajo son factores de gran importancia para la salud, la seguridad, la calidad de los productos y en general para la eficiencia del sistema productivo. Por lo cual EMPRESA IMEV, dedicada a la fabricación de puertas paneladas, se compromete a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destinar todos los recursos humanos, económicos y materiales requeridos para la implementación de las 5'S. • Promover la creación de una cultura basada en la metodología 5'S, mediante la continua información y supervisión de las tareas propias de la ejecución de los trabajos solicitados. • Fomentar en los trabajadores, una actitud hacia el orden y la limpieza. • Garantizar la aplicación de la tarjeta roja para eliminar los elementos innecesarios del proceso. • Evaluar y controlar el cumplimiento de la herramienta 5'S. • Implementar un proceso de mejora continua. • La política será difundida, publicada y entregada a cada trabajador. <p>La sanción se aplicará tomando en consideración, entre otros, la gravedad de la falta cometida, los daños producidos o que hubieran podido producirse por la ausencia o deficiencia de las medidas preventivas necesarias y si se trata de un caso de reincidencia. Se establecen las siguientes sanciones al personal que infringiere el presente Reglamento, según la falta cometida, de acuerdo al Código del trabajo:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Amonestación verbal. b) Amonestación escrita. c) Multas, hasta el 10% de la remuneración diaria. d) Terminación de la relación laboral por solicitud de visto bueno, de conformidad con lo previsto en el Código Trabajo. 			
Realizado por: Dennis Tito	Revisado por: Gerente General	Aprobado por: Gerente General	

Fuente: Autor

- **Aplicación del Seiri (Seleccionar):** En el interior de la planta de producción suelen almacenarse elementos que no son útiles para el proceso, a estos elementos se los conoce como elementos innecesarios. Seiri consiste en eliminar de las áreas de

trabajo los elementos innecesarios y mantener dentro del área los elementos que se necesitan. La separación de tales elementos debe realizarse según su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el fin de agilizar el trabajo. El procedimiento Seiri se resume en la siguiente figura.

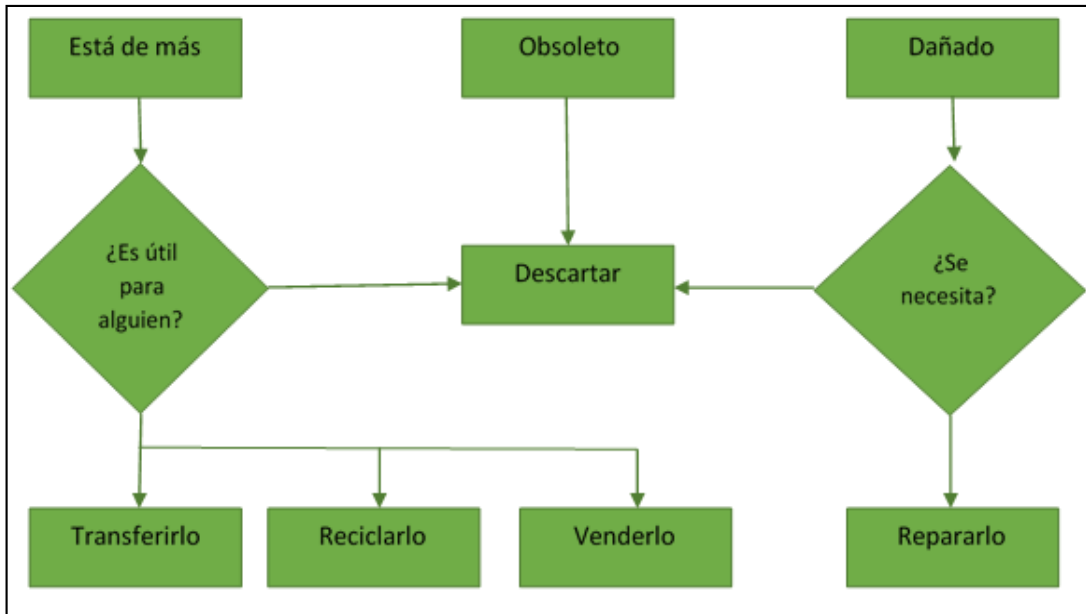


Gráfico 1-4: Criterios de selección (Seiri)

Realizado por: Autor

- **Aplicación del Seiton (Ordenar):** Una vez identificado los elementos necesarios se debe ordenarlos en el puesto de trabajo, de esta forma se cumple el fundamento del seiton “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Con la aplicación del seiton se reduce el esfuerzo, los movimientos innecesarios y el tiempo de búsqueda de los elementos.

En la siguiente figura se resume las reglas para ordenar los elementos necesarios.

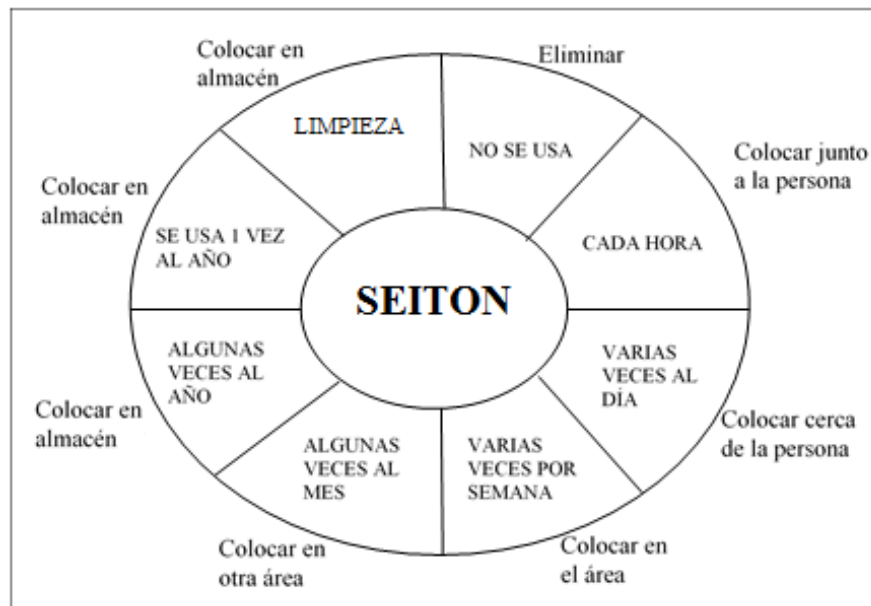




Figura 6-4: Reglas básicas para ordenar
Realizado por: Autor

- **Aplicación del Seiso (Limpieza):** Consiste en limpiar completamente el área de trabajo que le corresponde a cada operario de manera que no se encuentre ningún tipo de suciedad, una vez finalizado el proceso.
- **Aplicación del Seiketsu (Estandarización):** Con la cuarta "S" Seiketsu traducida al español como estandarización o control visual se pretende mantener el estado de limpieza alcanzado con las "S" anteriores (seiri, seiton y seiso) mediante la publicación de fotografías que muestren cómo debe mantenerse el almacén de herramientas.
- **Aplicación del Shitsuke (Disciplina):** Se obtiene cuando los trabajadores adoptan las cuatro "S" anteriores como una práctica cotidiana, lo que se conoce como hábito. Shitsuke no consiste en desarrollar nuevas actividades sino en mantener las anteriores (seleccionar, ordenar, limpieza y estandarización), lo cual se consigue a través del respeto a las normas y estándares establecidos.

4.4.2 Resultados de la implementación del manual

Los resultados del manual se pueden apreciar en las siguientes figuras.

Tabla 6-4: Implementación manual de herramientas

Análisis	Antes	Después
<p>En la situación actual se determinó que el operario no lleva un orden, control o manejo adecuado de las herramientas que le fueron entregadas para llevar a cabo su tarea como se puede observar en las figuras de la columna “antes”. Como consecuencia se elevaba el tiempo de producción debido al tiempo que genera la búsqueda de las herramientas. Para solucionar el problema se realiza la propuesta de implementación de un manual de orden y control de herramientas aplicando principios 5S, el resultado de la implementación se puede observar en la columna “después”.</p>		

Fuente: Autor

El tiempo total de operación se reduce mediante la implementación del manual de orden y control de herramientas como se detalla en la siguiente tabla, en la cual, se analiza las actividades cuyo tiempo se ha visto afectado con la implementación.

Tabla 7-4: Implementación del manual

Operaciones	<i>Situación Inicial (minutos)</i>	<i>Mejora (Minutos)</i>
(1,2) Trazar y cortar los tubos.	89.85	83.54
(4,5) Trazar, cortar y doblar las láminas de tol.	120.24	110.25
Tiempo total (minutos)	210.09	193.79
Conclusión	Se redujo 16.35 minutos.	

Fuente: Autor

El orden y control de herramientas redujo 16.35 minutos del tiempo total de producción inicial.

4.5 Adquisición de portacandados

La fabricación de los portacandados para la puerta le toma al operario 0.41 horas considerando que la tasa por hora-hombre es de 3,13 dólares, el costo es:

$$\text{Costo de fabricación del picaporte} = 0.41 \text{ h} \left(3.13 \frac{\text{dólares}}{\text{h}} \right) = 1.28 \text{ dólares}$$

A este costo le sumamos el costo de la materia prima que es de 2,50 dólares por cada picaporte.

$$\text{Costo total del picaporte} = 1.28 + 2.50 = 3.78 \text{ dólares}$$



Figura 7-4: Portacandado
Fuente: <https://bit.ly/2Tl4WQ7>

El portacandado es sencillo como se puede observar en la figura, aprovechando que IMEV mantiene alianzas con pequeños productores del sector metalmeccánico se decidió adquirir los portacandados ya prefabricados a un costo de 90 centavos, reduciendo así el tiempo de 0.41 horas.





4.6 Balanceo de puntos críticos

Como se mencionó anteriormente el punto crítico del proceso se localiza en la mesa de corte; para eliminar los tiempos y costos de producción altos se realiza el balanceo de las operaciones que se llevan a cabo en este puesto de trabajo que son: trazado y corte de los tubos cuadrados y de las láminas de tol. Para lo cual se redistribuye a los operarios en los puestos de trabajo (dos operarios para el armado de la puerta y un operario para el área de pintura), se asigna las actividades que deben realizar y se determina el tiempo que tarda la fabricación de la puerta.

4.6.1 Personal de trabajo

En el análisis de situación actual se determinó que la fabricación de una puerta panelada no satisface el takt time del cliente. Para reducir el tiempo de producción y cumplir con el tiempo de entrega al cliente es necesario añadir a la línea de producción otro operario.

Tabla 8-4: Operarios en el proceso

	Proceso	Tiempo (min)	Proceso	Tiempo (min)
Actual	ARMADO DE LA PUERTA 	632.4	PINTURA 	123
Mejorado	ARMADO DE LA PUERTA 	238.43	PINTURA 	168.74
Diferencia	En el proceso mejorado se añade un operario para el armado de la puerta por lo cual se reduce el 63% del tiempo lo que equivale a 393.97 minutos.	393.97	En el proceso mejorado se reduce un operario en el área de pintura por lo cual se incrementa el 38% del tiempo lo que equivale a 45.74 minutos.	45.74
		Reducción del 63%		Incremento del 38%

Fuente: Autor











En el área de pintura se encontraba un aprendiz u operario, el cuál ha sido capacitado para trabajar en las diferentes líneas de producción. Aprovechando esta situación se ha decidido re-ubicar a este operario y añadirlo a la producción de puertas paneladas.

4.6.2 Distribución del trabajo

Al contar con dos operarios para la fabricación de puertas paneladas es necesario distribuir el trabajo de cada operario tratando en lo posible de generar un balance en la carga de trabajo de cada uno. La distribución del trabajo se realizó en base a las actividades del diagrama de flujo del proceso propuesto.

En la siguiente tabla se especifica las actividades que corresponden a cada operario.

Tabla 9-4: Distribución del trabajo

	DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO		
Personal de trabajo	Actividad	N°	Descripción
Operario 1		1	Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.
		1	Trazar y cortar los tubos.
Operario 2		2	Trasladar láminas de tol al área de doblado.
		2	Trazar, cortar y doblar las láminas de tol.
		3	Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.
Operario 1 Operario 2		3	Soldar tubos y lámina.
		4	Colocar la chapa. (Ir a Hoja de proceso N° 03)
		4	Trasladar la puerta al área de pintura.
Operario 3		5	Pintura y Secado

Fuente: Autor


Existen actividades que las realizan individualmente cada operario y otras actividades que las realizan en conjunto debido a su complejidad porque son las que requieren más tiempo, al trabajar conjuntamente el tiempo de esas operaciones se reduce, lo cual se estudió posteriormente en el análisis de tiempos.

Cabe mencionar que el área de pintura es independiente, esta área la utilizan todas las líneas de producción de la empresa por lo cual cuenta con un operario permanente.

4.6.3 Diagrama de proceso


Una vez desarrollado el nuevo método de trabajo se procede a estudiar los tiempos de cada actividad (operaciones y transportes) mediante la elaboración del diagrama de proceso. Para el análisis se elabora 2 hojas de procesos en las cuales se detalla los tiempos promedio de las actividades que se determinaron en el diagrama de flujo de operaciones.

Tabla 10-4: Diagrama analítico de proceso mejorado N° 01

 DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo Material)									
Empresa: IMEV		Proceso: Elaboración de puertas paneladas			Estudio N° 01		Hoja N° 01		
Departamento: Producción		Analista: Dennis Tito			Método: Actual		Fecha: 07/12/2018		
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	N°	m	TIEMPO (minutos)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
1 puerta panelada		1	2		9.77				Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.
		1		83.54					Trazar y cortar los tubos (Ver hoja de proceso 2).
		3		111.56					Soldar tubos y lámina.
		4		11.57					Colocar la chapa y portacandado.
		4	15		5.05				Trasladar la puerta al área de pintura.
		5		168.74					Pintado y secado de la puerta.
		1						-	Almacenar producto hasta entregar al cliente.
Total		17		375.41	14.82	0.00	0.00	0.00	






Fuente: Autor

Tabla 11-4: Diagrama analítico de proceso mejorado N° 02

 DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo Material)									
Empresa: IMEV		Proceso: Elaboración de puertas paneladas			Estudio N° 01		Hoja N° 02		
Departamento: Producción		Analista: Dennis Tito			Método: Propuesto		Fecha: 02/01/2019		
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	N°	m	TIEMPO (minutos)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
				Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
1 puerta panelada		2	2		2.93				Trasladar láminas de tol al área de doblado.
		2		104.45					Trazar, cortar y doblar las láminas de tol.
		3	2		2.87				Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.
Total		4		104.45	5.80	0	0.00	0.00	

Fuente: Autor






Tabla 12-4: Resumen, actividades del proceso actual de elaboración

RESUMEN		
Operaciones		5
Transportes		4
Demoras		0
Inspecciones		0
Almacenes		1

Fuente: Autor

Para el cálculo del tiempo de producción se realiza el siguiente análisis, donde el trazado, cortado del tol y de los tubos son actividades simultáneas que las realizan diferentes operarios entre las cuales se selecciona el tiempo mayor para calcular el tiempo total de producción como se detalla a continuación.

Tabla 13-4: Tiempo de producción

Actividades		Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)
Trazado y cortado de tubos.	Trazado, cortado y doblado del tol.	110.25	1.84
 Operario 1	 Operario 2		
Soldadura tubos y tol		111.56	1.86
 Operario 1 y 2			
Montaje del picaporte y la chapa.		16.62	0.28
 Operario 1 y 2			
Pintura		168.74	2.81
 Operario 3			
TOTAL		407.17	6.79

Fuente: Autor

El tiempo de producción de puertas paneladas es de 6,79 horas. Se balanceo las operaciones de trazado-corte y soldadura con un tiempo aproximado de 1.86 horas.

4.6.4 Diagrama de Pareto

Las operaciones que se detallan en el diagrama de procesos se representan en el diagrama de Pareto, a fin de conocer qué operaciones generan mayor impacto en el proceso en lo relacionado al tiempo que tardan para llevarse cabo. Las operaciones se ordenan de mayor a menor como se detalla a continuación.

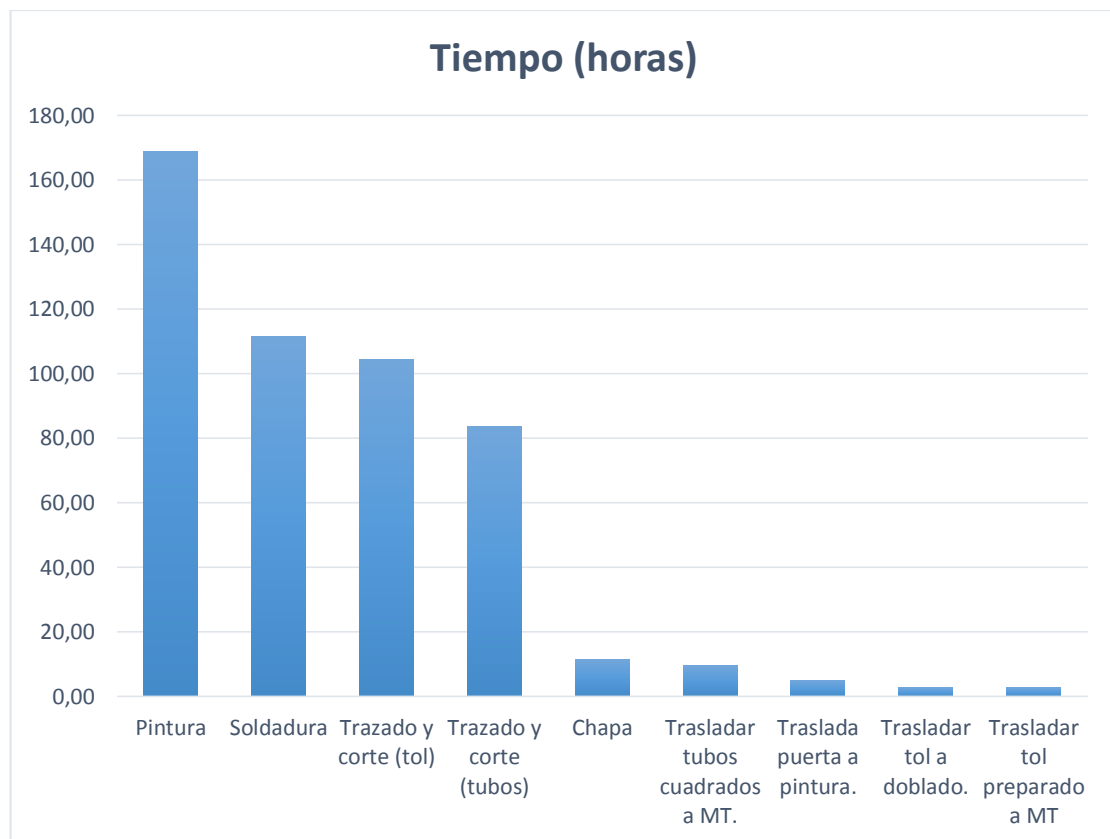


Gráfico 2-4: Diagrama de Pareto
Realizado por: Autor

Las operaciones de pintura y soldadura siguen siendo las actividades que ocupan mayor tiempo y los transportes del material son aquellas que tardan el menor tiempo. A diferencia de la situación inicial se puede evidenciar que el número de operaciones y transportes se redujo por lo que el tiempo de producción total se reducirá lo cual se analizará en un apartado posterior.

4.6.5 Diagrama de actividades múltiples

Como se puede observar en el diagrama de actividades múltiples, en la fabricación de puertas paneladas se eliminan los tiempos inactivos de los operarios 1 y 2.

Tabla 14-4: Diagrama de actividades múltiples

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES								
Tiempo	Operarios			Máquinas				
Min	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Cortadora (tubo)	Cortadora (tol)	Soldadora1	Soldadora2	Compresor
30	Trazado y corte	Trazado y corte	Pintado en otras líneas de producción.	Corte	Corte	En espera para el proceso de soldadura.	En espera para el proceso de soldadura.	Pintado en otras líneas de producción.
60								
90								
120	Soldadura	Soldadura	Pintado en otras líneas de producción.	En espera para el proceso de corte	En espera para el proceso de corte	En operación para otras líneas de producción	En operación para otras líneas de producción	Pintado en otras líneas de producción.
150								
180								
210	Actividades en otras líneas de producción.	Actividades en otras líneas de producción.	Pintura	En espera para el proceso de corte	En espera para el proceso de corte	En operación para otras líneas de producción	En operación para otras líneas de producción	Pintura
240								
270								
300								
330								
360								
390								
420								
<i>TP (min)</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>	<i>407.17</i>
<i>TI (min)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

Fuente: Autor

Mediante la aplicación del estudio de métodos y tiempos se elimina los tiempos improductivos de los operarios.

4.6.6 Diagrama bimanual

El diagrama bimanual se realiza para estudiar el proceso de soldadura, en el diagrama se detallan los movimientos de las manos individualmente a fin de identificar los tiempos y las actividades que se realizan para soldar y en caso de existir una actividad innecesaria eliminarla.

Tabla 15-4: Diagrama bimanual

DIAGRAMA BIMANUAL										
Método: Actual					Hoja 1 de 1					
Actividad: Soldadura	ACTIVIDAD				Actual		Propuesto		Economía	
					Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.
	Operación	●			8	18	7	12	1	6
	Sostenimiento	▼			4	2	2	1	2	1
Descripción: Soldadura del marco y de las láminas de tol.	Movimiento	→			2	2	1	1	1	1
	Espera	⦿			8	0	4	0	4	0
	Total				22	22	14	14	8	8
Descripción Mano Izquierda	SIMBOLO								Descripción Mano Derecha	
	●	→	⦿	▼	Tiempo (min)	●	→	⦿		▼
Traslado de materiales al área de trabajo. (EPP, cepillo, portaelectrodos, electrodos)					2					Traslado de materiales al área de trabajo. (EPP, cepillo, portaelectrodos, electrodos)
Posiciona los componentes a soldar (tubos).					5					Posiciona los componentes a soldar. (tubos)
Espera					1.5					Regular amperaje.
Espera					0.5					Colocar pinza a negativo.
Colocar EPP					4.2					Colocar EPP
Toma electrodos (x8)					2.4					Espera (x6)
Espera (x8)					2.27					Toma Portaelectrodos (x6)
Coloca electrodo en el portaelectrodo. (x8)					2.24					Coloca electrodo en el portaelectrodo. (x6)
Espera					1.89					Se coloca la máscara para soldar. (x26)
Sostiene el material (x32)					30.01					Realiza el cordón de suelda (x16)
Sostiene el material (x32)					17					Pulido y limpieza del cordón (x16)
Posiciona los componentes a soldar. (tol)					5					Posiciona los componentes a soldar. (tol)
Sostiene el material (x20)					32.25					Realiza el cordón de suelda (x10)
Sostiene el material (x20)					5.3					Pulido y limpieza del cordón (x10)
					111.56					

Fuente: Autor

El proceso de soldadura del marco y el tol tarda 111.56 minutos, cabe mencionar que se realiza 16 cordones de soldadura para el marco y 10 puntos de soldadura para el tol.

4.6.7 Hoja estandarizada del proceso

El resultado del desarrollo del nuevo método de trabajo para la fabricación de puertas paneladas se resume en la siguiente hoja de trabajo estandarizada.

Tabla 16-4: Hoja estandarizada del proceso

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADA			
Elaborado por: Dennis Tito			Tiempo: 407.17 min (6.79 horas)
Proceso: Fabricación de puertas paneladas			Operarios: 3
Número	Elementos de trabajo	Tiempo de trabajo	Tiempo de caminado
1	Trazado y corte de tubos cuadrados y láminas de tol.	104.45	5.8
2	Soldadura tubos y láminas de tol.	111.56	0
3	Montaje del picaporte y la chapa.	11.57	5.05
4	Pintura.	168.74	0
Subtotal		396.32	10.85
Total		407.17	

Fuente: Autor

4.7 Tiempo tipo

4.7.1 División de la operación en elementos

El proceso se divide en elementos susceptibles de ser claramente cronometrados y anotados en la secuencia que estos se van produciendo. El proceso mejorado de elaboración de puertas paneladas se divide en tres elementos:

- Trazado y corte (tol y tubos)
- Soldadura (cuadro y tol) y montaje (chapa y picaporte)
- Pintura

4.7.2 Toma y registro de datos

Para la toma y registro de datos se realizaron quince lecturas con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos. El resultado se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 17-4: Registro de tiempos

REGISTRO DE TOMA DE TIEMPOS (PROCESO MEJORADO)											IMEV INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA		
HOJA 1 DE 1 HOJAS	FECHA: 02/01/2019												
OPERACIÓN: Elaboración de puertas paneladas	HOMBRE:					X	MUJER:						
EXPERIENCIA EN LA TAREA: 12 años	MATERIAL: Acero galvanizado												
ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1. Trazado y corte (tubos y tol).	1.84	1.83	1.87	1.83	1.82	1.85	1.81	1.87	1.83	1.82			
2. Soldadura (cuadro y tol) y montaje (chapa y picaporte)	2.14	2.16	2.19	2.14	2.15	2.10	2.15	2.14	2.17	2.17			
3. Pintura.	2.81	2.83	2.80	2.82	2.81	2.84	2.83	2.81	2.80	2.82			
TOTAL	06.79	06.82	06.86	06.79	06.78	06.79	06.79	06.82	06.80	06.81			
											TIEMPO ELEGIDO (horas)	TIEMPO ELEGIDO (minutos)	
1. Trazado y corte (tubos y tol).	1.84	1.82	1.86	1.85	1.82						1.84	110.25	
2. Soldadura (cuadro y tol) y montaje (chapa y picaporte)	2.11	2.17	2.16	2.15	2.17						2.14	128.18	
3. Pintura.	2.80	2.81	2.82	2.83	2.81						2.81	168.74	
TOTAL	06.75	06.80	06.84	06.83	06.80						TOTAL	6.79	407.17
TIEMPO ELEGIDO: 6.79	FACTOR DE VALORACIÓN: 1		TIEMPO NORMAL: 6.79			SUPLEMENTOS: 5%			TIEMPO TIPO: 7.13 (427.80)				

Fuente: Autor

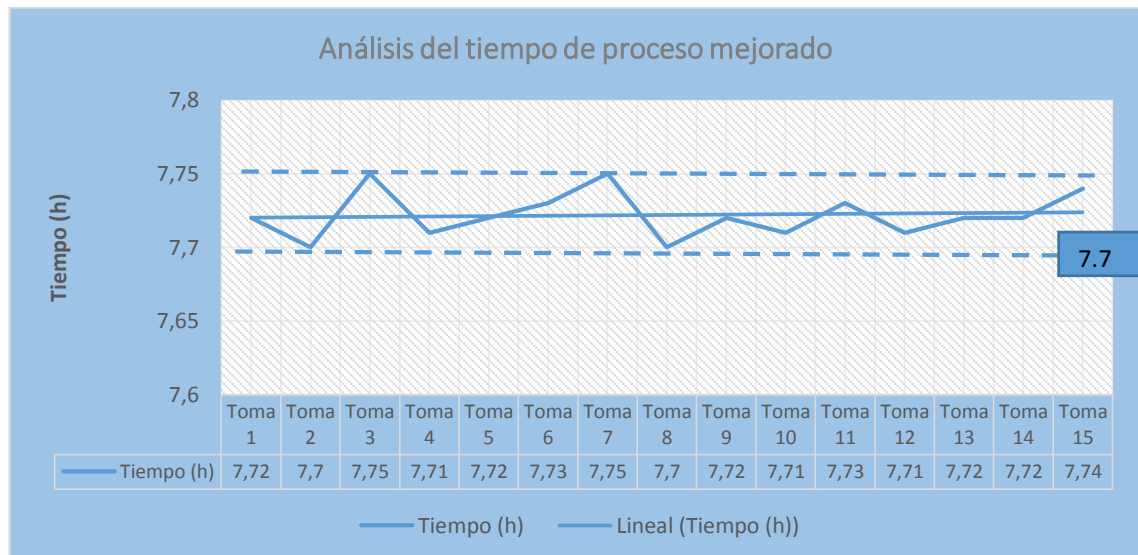


Gráfico 3-4: Toma de tiempos del proceso mejorado

Realizado por: Autor

4.7.3 Cálculo del tiempo tipo

A continuación, se detalla el cálculo del tiempo tipo paso a paso para lo cual se utiliza los datos de la tabla anterior.

- **Tiempo de operación:** Es el tiempo medio de las lecturas realizadas.

$$\text{Tiempo de operación} = E1 + E2 + E3$$

$$\text{Tiempo de operación} = 1.84 + 2.14 + 2.81$$

Tiempo de operación=6.79 horas (407.17 min)

- **Valoración del paso al que realiza la operación:** El factor de valoración que se asigna es igual a 1 porque el ritmo de trabajo del operario es normal.
- **Tiempo normal:** Es igual al tiempo de operación multiplicado por el factor de valoración.

Tiempo normal=Tiempo de la operación ×Factor de valoración

$$\text{Tiempo normal}=6.79 \times 1$$

Tiempo normal=6.79 horas (407.17 min)

- **Suplementos:** Por necesidades personales 5% que es el porcentaje que se asigna para el sexo masculino.
- **Tiempo tipo:** Es igual al tiempo normal más los suplementos.

Tiempo tipo=Tiempo normal+Porcentaje de Suplemento (Tiempo normal)

$$\text{Tiempo tipo}=6.79+0.05(6.79)$$

Tiempo tipo=7.13 horas (427.80 minutos)

Con el método propuesto el tiempo tipo para fabricar una puerta panelada es igual a 7.13 horas.

4.8 Takt time

El takt time teórico que debe cumplir la empresa para satisfacer al cliente debe ser de 8 h/puerta.

$$\text{Takt}_{\text{teórico}} = \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ puerta}} = 8 \text{ h/puerta}$$

Con la implementación del método propuesto; el tiempo tipo que tarda la empresa para fabricar una puerta panelada es de 7.13 horas, con lo cual el takt time es:

$$Takt_{real} = \frac{7.13 \text{ horas}}{1 \text{ puerta}} = 7.13 \text{ h/puerta}$$

Como se puede observar la empresa con el tiempo obtenido puede cumplir con el tiempo del cliente.

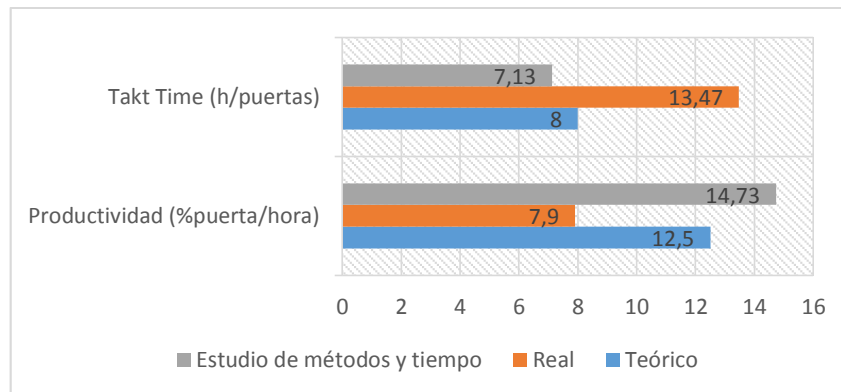


Gráfico 4-4: Comparación takt time y productividad
Fuente: Autor

4.9 Análisis de costos

- **Mano de obra directa (MOD).** - Para el cálculo del costo de mano de obra directa se debe tomar en cuenta que el proceso lo realizan 3 operarios, de los cuales, dos se encargan del armado de la puerta y 1 operario se encarga de dar el acabado final (pintado). El tiempo que tardan los dos operarios es de 4.82 horas y el tiempo que tarda el operario del área de pintura es 2.9 horas, el resultado se detalla a continuación.


Tabla 18-4: Costo MOD (Dos operarios)

INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA		ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD		
Proceso	(1) Horas mensuales	(2) Salario mensual (dólares)	(2) / (1) Tasa por hora (Dólares)	
	160	500,00	3,13	
	Operarios	2	6,26	
Armado de la puerta	(1) Tiempo (horas)	(2) Tasa por hora (Dólares)	(1)x(2) Costo total (Dólares)	
	3.99	6,26	24,98	
	<u>4.06</u> 3.95		<u>25,42</u> 24,73	

Fuente: Autor

El costo promedio de MOD para el armado de la puerta es de 24.98 dólares, el costo máximo es de 25,42 dólares y el costo mínimo es de 24,73 dólares.

Tabla 19-4: Costo MOD (Operario, Área de pintura)

		ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD		
Proceso	(1) Horas mensuales	(2) Salario mensual (dólares)	(2) / (1) Tasa por hora (Dólares)	
	160	500,00	3,13	
Pintura	(1) Tiempo (horas)	(2) Tasa por hora (Dólares)	(1)x(2) Costo total (Dólares)	
	2.81	3,13	8,80	8,89
	2.84			8,76
	2.80			

Fuente: Autor

El costo promedio del MOD en el área de pintura es de 9,08 dólares, el costo máximo es de 9,20 dólares y el costo mínimo es de 8,98 dólares.

Tabla 20-4: Costo total (MOD)


		COSTO TOTAL	
<i>Armado de la puerta</i>	24.98	25,42	24,73
<i>Pintura</i>	8,80	8,89	8,76
Total	33.78	34.31	33.49

Fuente: Autor

El costo promedio de la mano de obra directa para la fabricación de una puerta panelada es de 33.78 dólares. El costo máximo es igual a 34.31 dólares y el costo mínimo es igual a 33.49 dólares.

- **Materiales directos:** Los materiales directos constituyen la materia prima para la fabricación de la puerta y son: lámina de tol prensada, tubos cuadrados, chapa, platina de acero para el picaporte y electrodos para la soldadura.


Tabla 21-4: Costo materiales directos (Situación Inicial)

		ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES DIRECTOS		
Materiales	Descripción	Costo total (dólares)	Cantidad de material requerido por cada puerta	Costo por puerta fabricada (dólares)
Lámina de tol prensada	2 m ²	30,00	2.4 m ²	36,00
Tubos cuadrados marco exterior	6 m	35,00	6.4 m	37,33
Tubos cuadrados marco interior	6 m	28,00	8.8 m	41,07
Chapa	1	30,00	1	30,00
Portacandado	1	0,90	1	0,90
Electrodos	33	18,00	10	5,45
Costo total				150,75

Fuente: Autor

- **Costo total:** El costo total se obtiene sumando el costo de mano de obra directa más el costo de materiales directos.

Tabla 22-4: Costo total (Situación Actual)

		COSTO TOTAL	
MOD	33.78	34.31	
		33.49	
Materiales	150,75		
Total	184,53	185,06	184,24

Fuente: Autor

El costo promedio total de una puerta panelada es de 184,53 dólares; el costo máximo es de 185,06 dólares y el costo mínimo es de 184,24 dólares.

4.10 Análisis de la productividad

La productividad es la relación entre el número de unidades producidas y el tiempo tipo que se tarda en producirlas. Para el análisis se utiliza el registro de tiempos actuales donde se realizó 15 tomas del tiempo del proceso de elaboración de una puerta panelada. La productividad se calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo Tipo}}$$

A modo de ejemplo para el cálculo de las demás productividades se analiza la productividad promedio que sería igual a la unidad producida sobre el tiempo promedio.

$$\text{Productividad} = \frac{1 \text{ puerta}}{6,79 \text{ horas}} = 0,1473 \frac{\text{puerta}}{\text{hora}} = 14,73 \%$$

En términos de porcentajes, en promedio se elabora el 14,73% de la puerta en una hora, con una productividad máxima de 14,75% y una productividad mínima del 14,62%.

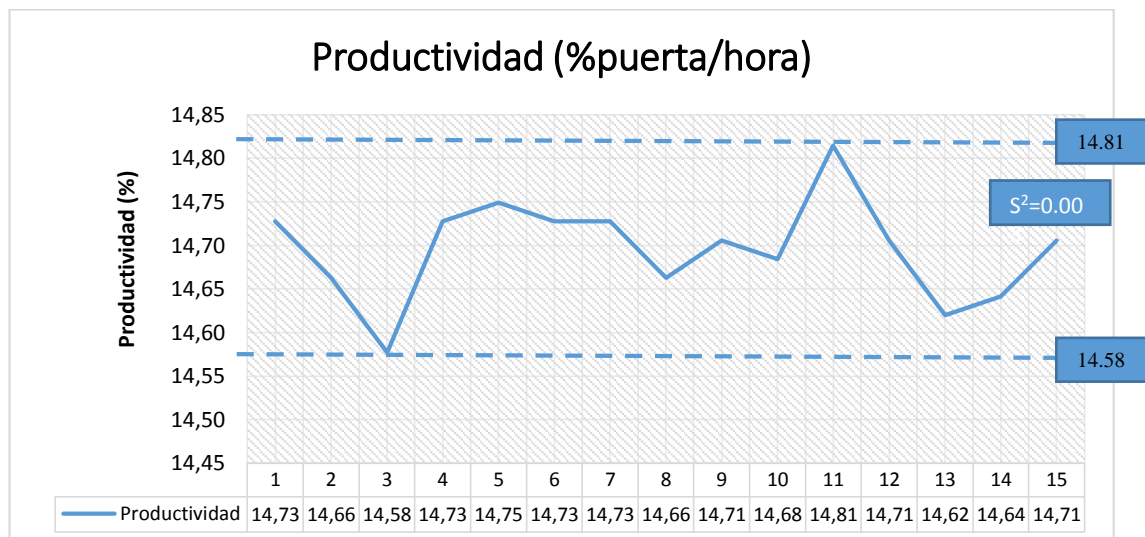


Gráfico 5-4: Análisis de la productividad
Realizado por: Autor

4.11 Resultados

Los resultados alcanzados con el desarrollo del método mejorado se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 23-4: Situación inicial vs mejora

	SITUACIÓN INICIAL	MEJORA	ANÁLISIS
Tiempo de producción (horas)	12.59	6.79	Se redujo 5.80 horas/puerta.
Tiempo tipo (horas)	13.47	7.13	Se redujo 6.34 horas.
Takt time (horas/puerta)	13.47	7.13	Se redujo 6.34 horas.
Costos de producción (dólares)	202,16	184,53	Se redujo 17.63 dólares/puerta.
Productividad (%) (puerta/hora)	7.9	14.73	Se elevó un 6.83 %.

Fuente: Autor

Los gráficos de comparación inicial vs mejora se detallan a continuación:



Gráfico 6-4: Comparación de tiempos
Realizado por: Autor

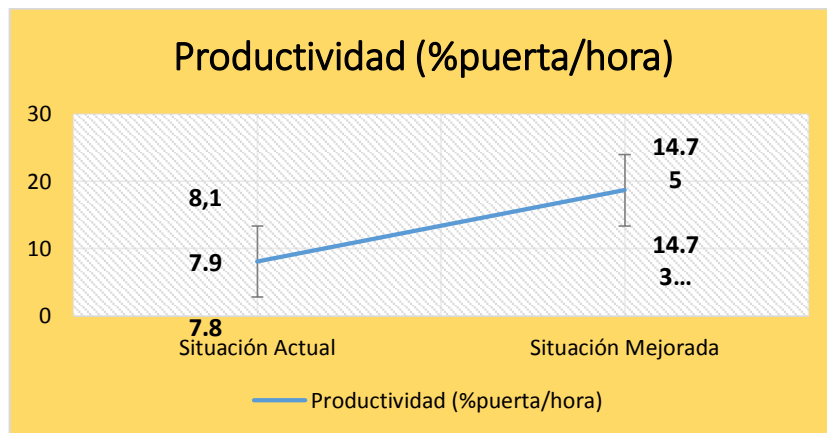


Figura 8-4: Comparación de la productividad
Realizado por: Autor

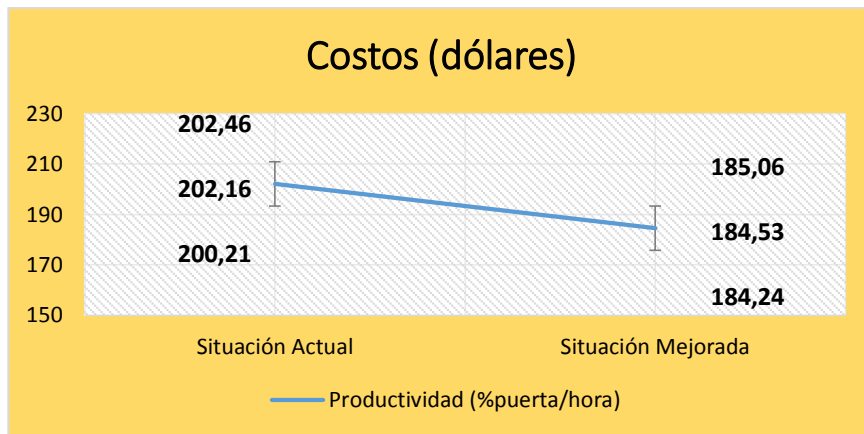


Figura 9-4: Comparación de costos
Realizado por: Autor

4.12 Aplicación del estadístico de prueba para la comparación de medias

Mediante el diseño experimental se analiza la productividad del proceso inicial y mejorado con el fin de determinar si con la implementación de método mejorado se optimizó la fabricación de puertas paneladas. Para el análisis se compara las medias y las varianzas reportadas por los dos procesos los resultados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 24-4: Datos de productividad
PRODUCTIVIDAD (% puertas/hora)

Datos	Proceso inicial	Proceso mejorado
1	8	14.73
2	8.1	14.66
3	8	14.58
4	8	14.73
5	7.9	14.75
6	8	14.73
7	7.9	14.73
8	7.8	14.66
9	8	14.71
10	8.1	14.68
11	8	14.81
12	8.1	14.71
13	8	14.62
14	8	14.64
15	7.9	14.71
Media \bar{X}	7.99	14.70
Varianza S^2	0.006	0.0031

Fuente: Autor

Para comparar las medias se plantea la hipótesis de igualdad.

$$H_0: \mu_x = \mu_y$$

$$H_a: \mu_x \neq \mu_y$$

Lo cual se desea probar con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$). El estadístico de prueba para probar la hipótesis de igualdad de medias está dado por:

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$$

S_p Es un estimador de la varianza muestral común, suponiendo que dichas varianzas desconocidas sean iguales, y se calcula como:

$$S_p^2 = \frac{(n_x-1)S_x^2 + (n_y-1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

$$S_p^2 = \frac{(15-1)0.006 + (15-1)0.0031}{15 + 15 - 2}$$

$$S_p^2 = 0.00455$$

$$S_p = 0.067$$

Por lo tanto el estadístico de prueba es igual a:

$$t_0 = \frac{12.95 - 7.99}{0.067 \sqrt{\frac{1}{15} + \frac{1}{15}}}$$

$$t_0 = 226.39$$

De la tabla de distribución T de Student $t_{(\frac{\alpha}{2}, n_x+n_y-2)}$ con $n_x + n_y - 2$; $15 + 15 - 2 = 28$ grados de libertad, se obtiene el punto crítico $t_{(\frac{0,005}{2}, 28)} = 2.05$ (Anexo H).

Se rechaza $H_0: \mu_x = \mu_y$ si $|t_0| > t_{\alpha/2}$

$$|226.39| > 2.05$$

Se cumple la condición por lo tanto la $H_0: \mu_x = \mu_y$ se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa $H_a: \mu_x \neq \mu_y$.

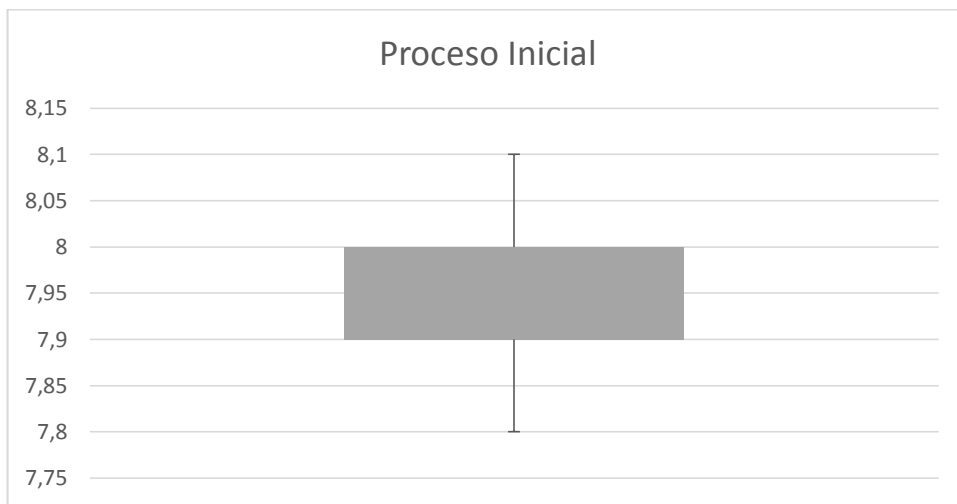


Gráfico 7-4: Diagrama de caja, proceso inicial
Realizado por: Autor

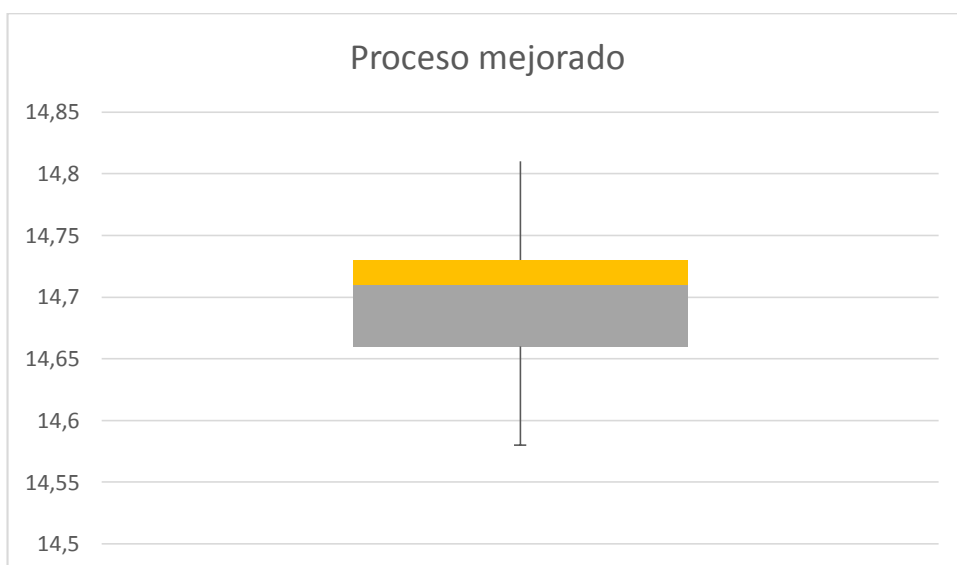


Gráfico 8-4: Diagrama de caja, proceso mejorado
Realizado por: Autor

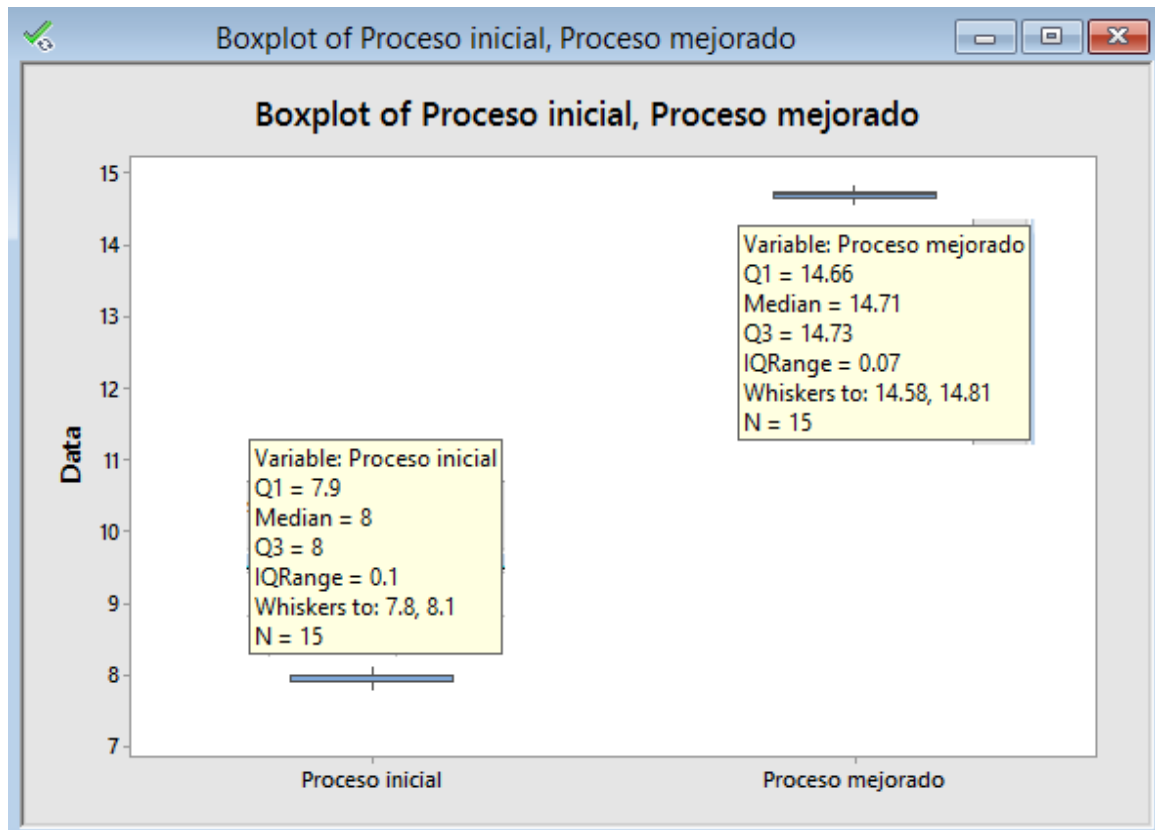


Gráfico 9-4: Comparación de medias, diagrama de caja
 Realizado por: Autor (Minitab)

Mediante la implementación del método mejorado se obtiene una diferencia significativa entre las medias de la productividad, es decir se comprueba que la productividad en la línea de producción de puertas paneladas de la empresa IMEV se ha mejorado con la implementación del presente trabajo de titulación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el estudio de métodos y tiempos de la situación actual se analizó la fabricación de una puerta panelada y se determinó un tiempo de producción de 12.59 horas, un tiempo tipo de 13.47 horas y un costo de producción promedio de 202.16 dólares. Como consecuencia de los altos costos y tiempos de producción la productividad es del 7.9% de una puerta panelada por cada hora. Los factores que influyen en la baja productividad son: demora en el corte por equipos insuficientes; transportes y operaciones innecesarias: distribución de planta inadecuada y falta de orden y control de las herramientas.

Se desarrolló un nuevo método de trabajo para minimizar el tiempo y el costo de producción, las mejoras implementadas fueron: unificar operaciones y eliminar otras (elaboración del picaporte), redistribución de planta, elaboración de un manual de orden y control de herramientas y adquisición de una cortadora. En el estudio de métodos y tiempos con el proceso mejorado se determinó un tiempo de producción de 6.79 horas, tiempo tipo de 7.13 horas y un costo de producción promedio de 184.53 dólares.

Se evaluó la mejora alcanzada con la implementación del estudio de métodos y tiempos en la línea de producción de puertas paneladas, el tiempo de producción se redujo 5.80 horas, el tiempo tipo se redujo 6.34 horas y el costo de producción por cada puerta panelada se redujo 17.63 dólares, en cuanto a la mejora de la productividad por cada hora se fabrica el 14.73% de una puerta panelada a contraste del 7.9% que se fabricaba inicialmente.

Recomendaciones

Se recomienda hacer tomas de tiempos periódicamente al menos una vez a la semana para monitorear la productividad de la línea de producción de puertas paneladas usando los formatos respectivos para la toma de tiempos

Realizar un estudio de métodos y tiempos en las demás líneas de producción, estableciendo como línea base de conocimiento o una guía práctica para la implementación el presente trabajo de titulación.

Capacitar al personal de la empresa en temas relacionados a las 5'S a fin de afianzar los conocimientos impartidos con la implementación del manual de orden y control de herramientas.

BIBLIOGRAFÍA

- APUSHÓN, M.** *Incremento de la productividad en la empresa Plasticaucho* . Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2019, pp. 57-60
- BACA, G.** *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México: Grupo Editorial Patria, 2014, pp. 86-93.
- CANGUI, W.** *Estudio de tiempos y movimientos para estandarizar el proceso productivo en el área de láminas prensadas de la empresa induce del ecuador*. Latacunga: Eco Ediciones, 2016, pp. 114-116
- NEIRA, A.** *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid: FC Editorial, 2016, pp. 32-33
- CHUGÑAY, F.** *Estudio para la aplicación de métodos y tiempos y su incidencia en la productividad*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016, pp. 25-31
- COBA, X.** *Mejora de la productividad en la empresa fosan*. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2019, pp. 112-115
- ESCALANTE, A.** *Ingeniería Industrial Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil*. Quito: Alfa omega, 2019, pp. 14-23
- FERNÁNDEZ, R.** *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante: Editorial Club Universitario, 2013, pp. 55-60
- FLORES, M.** *Optimización de la producción en el proceso de mezclado de la línea de caucho en la empresa Plasticaucho*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016, pp. 44-47
- GOMEZ, A.** *Estudio del Trabajo*. Barcelona-España: Universidad politécnica de Cataluña, 2015 [Consulta: 02 enero 2019] Disponible en: <<https://sites.google.com/site/et111221057312211582/estudio-de-tiempos-con-cronometro>>
- Gutiérrez, H.** *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp. 325-329

MENCIAS, S. *Propuesta de mejora de la productividad de la empresa Silvanita a través de la estandarización de tiempos.* Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2019, pp. 56-63

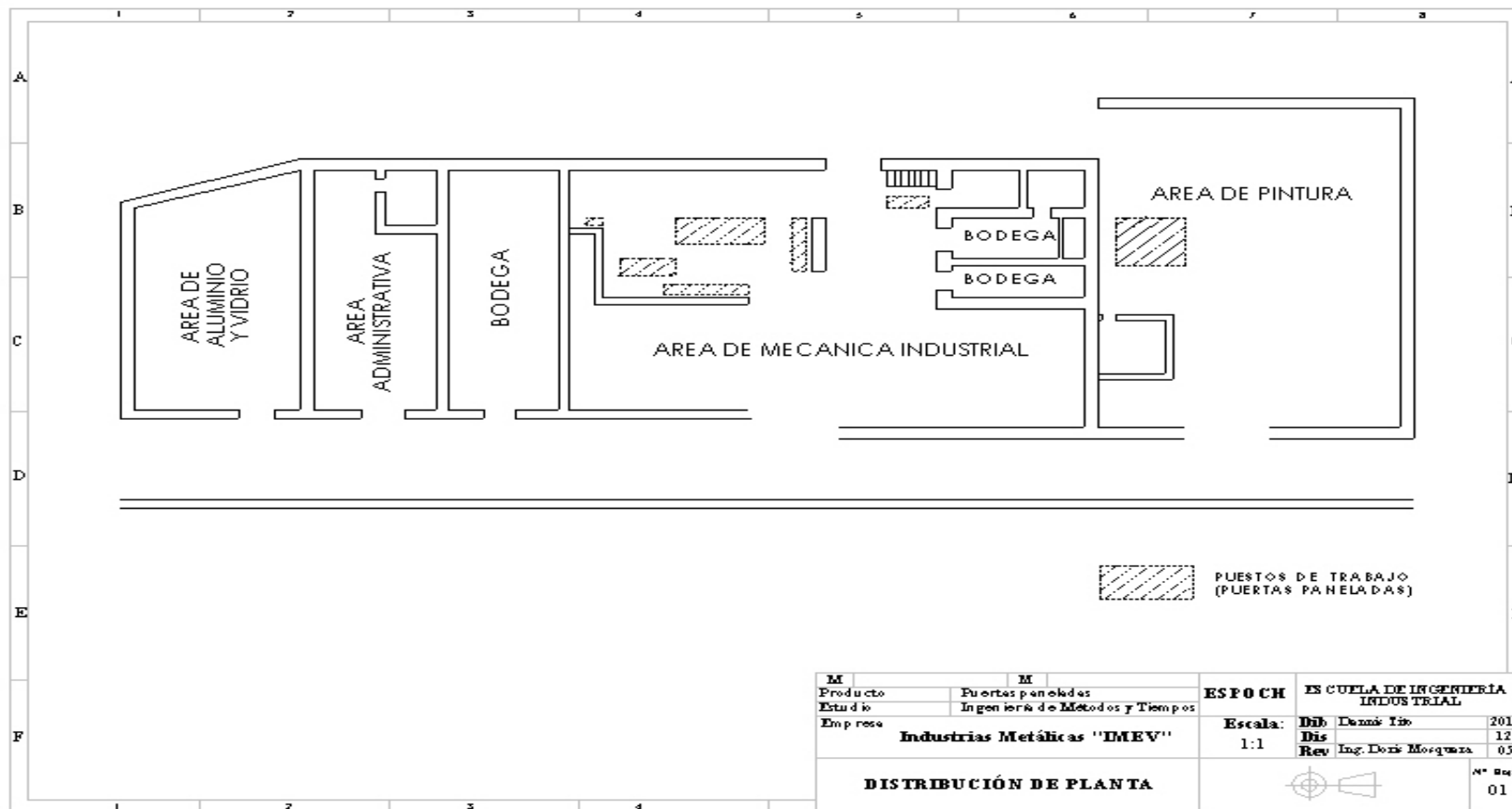
MEYERS, F. *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura.* México: Pearson Educación, 2017, pp. 9-16


NIEBEL, B. *Ingeniería Industrial.* México D.F.: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2009, pp. 22-69

RODRÍGUEZ, G. *Optimización de Métodos, Tiempos de Trabajo y Análisis Económico en el Área de Corte de Empresa Bopp del Ecuador S.A. División Película Quito-Ecuador.* Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2018, pp. 37-39

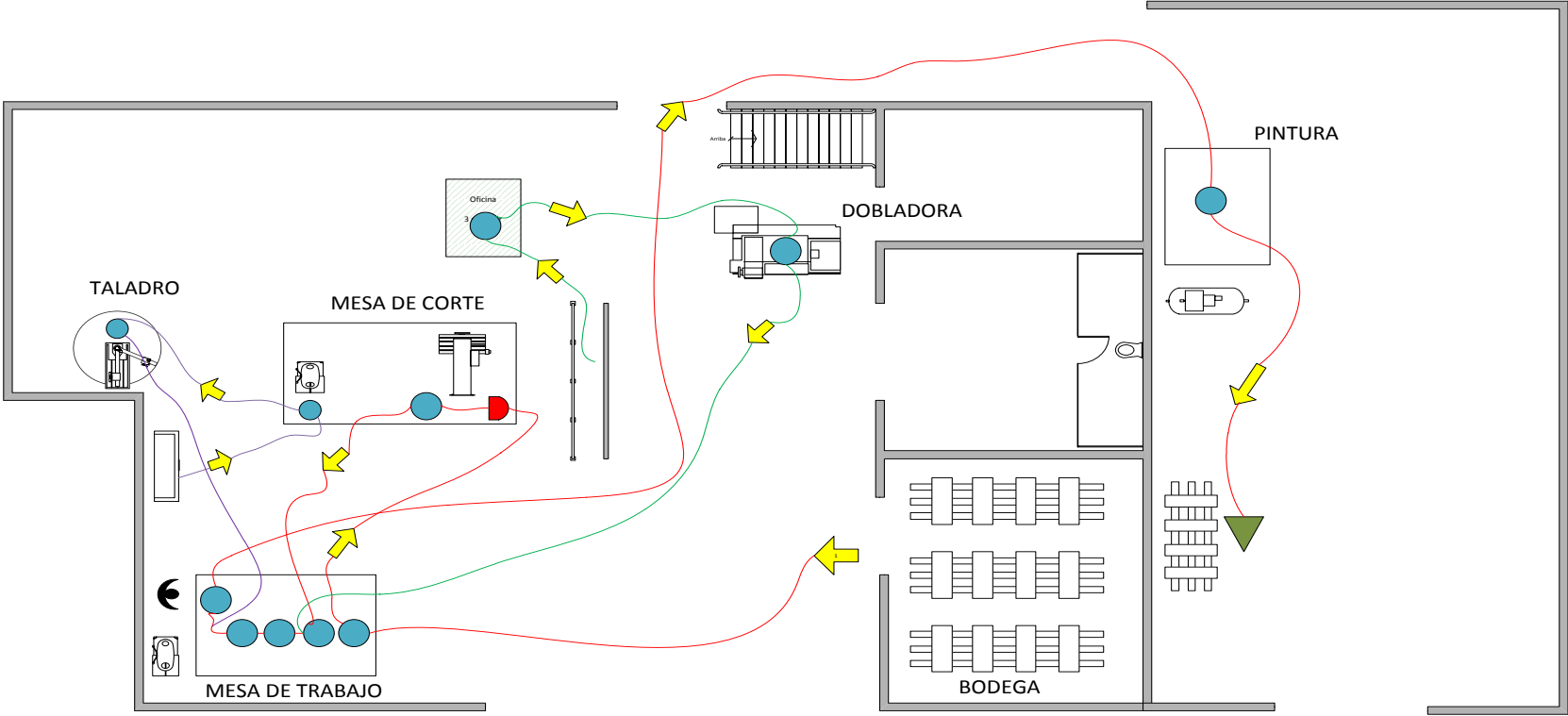
ANEXOS

Anexo A: Distribución de la planta.

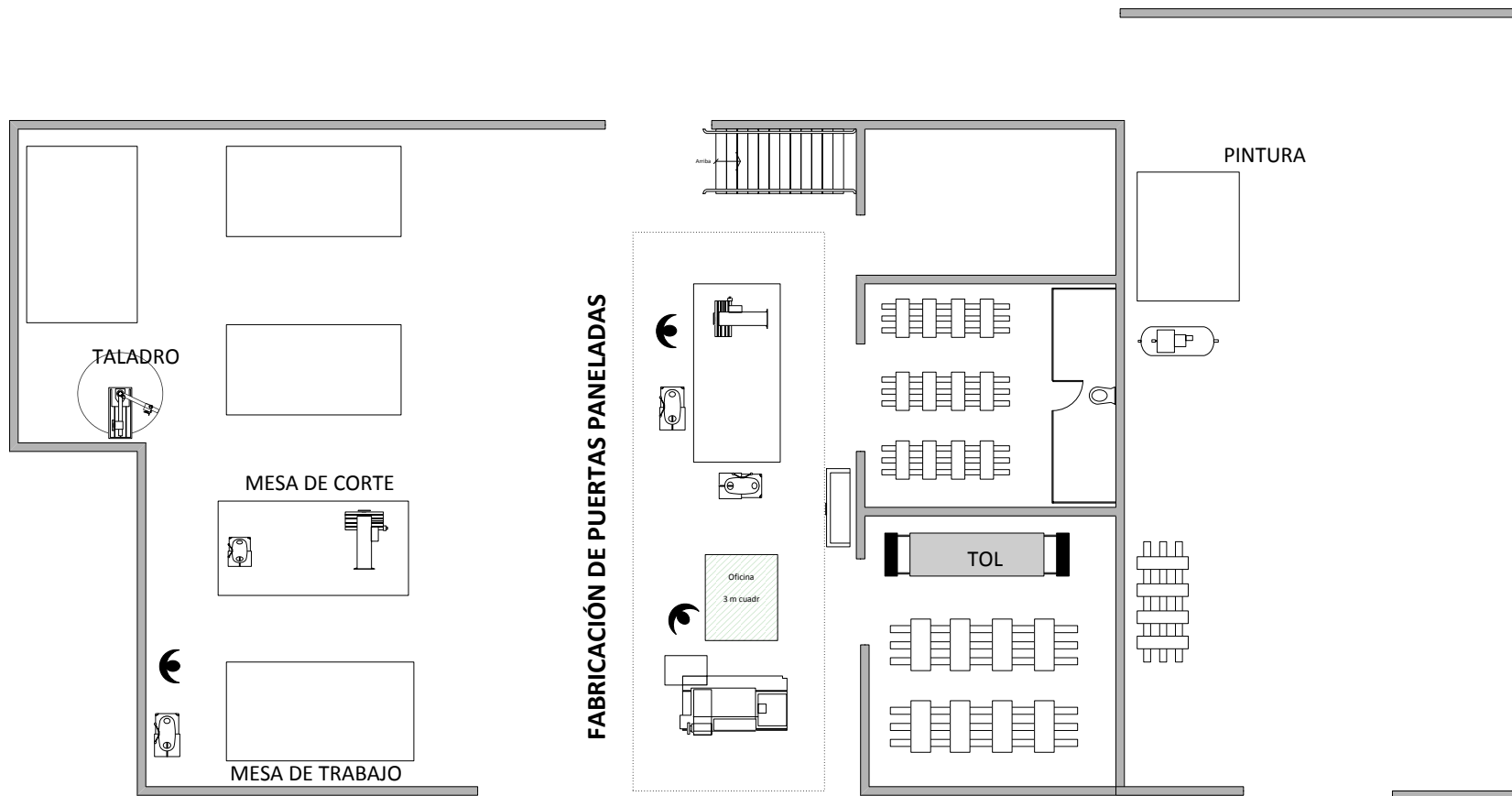


M	M	ESPOCH	ES CUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL	
Producto	Puertas paneladas			
Estudio	Ingeniería de Métodos y Tiempos			
Empresa	Industrias Metálicas "IMEV"	Escala:	Dib: Dennis Yip	2018
		1:1	Dis: Ing. Doris Morqueza	12
			Rev: Ing. Doris Morqueza	05
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA				Nº Hoja 01

Anexo B: diagrama de recorrido actual.

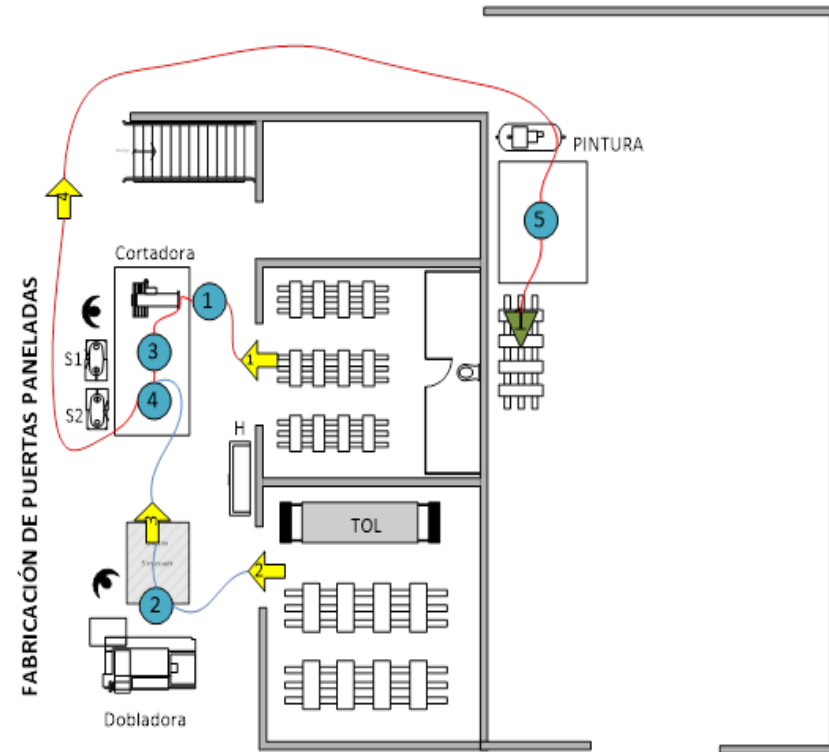


Anexo C: Redistribución de planta.



Anexo D: Diagrama de recorrido propuesto.

DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO			
Personal de trabajo	Actividad	Nº	Descripción
Operario 1	→	1	Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.
	●	1	Trazar y cortar los tubos.
Operario 2	→	2	Trasladar láminas de tol al área de doblado.
	●	2	Trazar, cortar y doblar las láminas de tol.
	→	3	Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.
Operario 1 Operario 2	●	3	Soldar tubos y lámina.
	●	4	Colocar la chapa. (Ir a Hoja de proceso N° 03)
	→	4	Trasladar la puerta al área de pintura.
Operario 3	●	5	Pintura y Secado



Anexo E: Manual para el orden y control de herramientas

Manual de Orden y Control de Herramientas

Empresa Metálicas IMEV



OBJETIVO DEL MANUAL

El presente manual es una herramienta de ayuda informativa que busca salvaguardar y garantizar el buen estado de las herramientas, teniendo en cuenta el orden de las mismas.

USO DEL MANUAL PARA EL PERSONAL

ALMACENAJE DE HERRAMIENTAS

El almacenaje de herramientas se lo hace en: cajas y tableros de herramientas.

Cajas de herramientas

Se estableció una caja de herramientas por trabajador, la cual contiene las herramientas de uso general y mayor frecuencia. Así como se muestra en la imagen:

Figura. Caja de herramientas cerrada



Fuente: Autor

Figura. Caja de herramientas abierta



Fuente: Autor

LISTA DE CONTROL DE CAJA DE HERRAMIENTAS


LISTA DE CONTROL DE CAJA DE HERRAMIENTAS					
		Responsable			
		Fecha			
		Significado		B=bueno x= No	M=malo ✓=Sí
Cantidad	Nombre	Existencia x, ✓	Estado B,M	Característica o Referencia	Codificación
1	Martillo				IMEV-B-CH-01
1	Escuadra pequeña				IMEV-B-CH-02
1	Destornillador plano				IMEV-B-CH-03
1	Destornillador estrella				IMEV-B-CH-04
1	Escorquina				IMEV-B-CH-05
1	Cepillo pequeño				IMEV-B-CH-06
1	Diablo o pata de cabra				IMEV-B-CH-07
1	Punta para concreto				IMEV-B-CH-08
1	Alicate				IMEV-B-CH-09
1	Formón 12 mm				IMEV-B-CH-10
1	Formón 20 mm				IMEV-B-CH-11
1	Espátula				IMEV-B-CH-12
1	Llave mixta 11 mm				IMEV-B-CH-13

Figura. Tablero de herramientas



Fuente: Autor

LISTA DE CONTROL DE CAJA DE HERRAMIENTAS

LISTA DE CONTROL DE TABLERO DE HERRAMIENTAS					
 INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA		Responsable			
		Fecha			
		Significado		B=bueno x= No	M=malo ✓=Sí
Cantidad	Nombre	Existencia x, ✓	Estado B,M	Característica o Referencia	Codificación
1	Serrucho Grande			Diente Grueso	IMEV-B-TH-01
1	Serrucho pequeño			Diente Grueso	IMEV-B-TH-02
1	Serrucho de costilla			Diente fino	IMEV-B-TH-03
1	Tijera corta TOL			TUNDER	IMEV-B-TH-04
1	Pinza corta frío			Amarilla	IMEV-B-TH-05
1	Tenaza corta frío			Metálica	IMEV-B-TH-06
1	Trabador			Metálica	IMEV-B-TH-07
1	Alicate Grande			Amarillo negro	IMEV-B-TH-08
1	Playo grande			Metálica	IMEV-B-TH-09
1	Playo de presión			Metálica	IMEV-B-TH-10
1	Juego de llaves mixtas			6 hasta 17	IMEV-B-TH-11
1	Escorфина grande			Mango madera	IMEV-B-TH-12
1	Lima media luna			Negra	IMEV-B-TH-13
1	Lima triangular			Anaranjada	IMEV-B-TH-14
1	Lima redonda			Mango madera	IMEV-B-TH-15
1	Lima plana			Mango madera	IMEV-B-TH-16
1	Guilleta			Negra	IMEV-B-TH-17
1	Guilleta			Anaranjada	IMEV-B-TH-18
1	Pinza peladora de cables			Roja	IMEV-B-TH-19
1	Juego de llaves hexagonales			2,5 hasta 10	IMEV-B-TH-20
1	Juego de llaves estrella			Cromada	IMEV-B-TH-21
1	Compas de puntas interiores			Metálica	IMEV-B-TH-22
1	Destornillador mixto			Negro	IMEV-B-TH-23
1	Destornillador de puntas			Negro	IMEV-B-TH-24
1	Destornillador plano			Anaranjado	IMEV-B-TH-25
1	Destornillador estrella			Anaranjado	IMEV-B-TH-26
1	Destornillador			Amarillo	IMEV-B-TH-27

	de punta			negro	
1	Martillo de uña			Mango madera	IMEV-B-TH-28
1	Combo			Mango madera	IMEV-B-TH-29
1	Diablo grande			Metálico	IMEV-B-TH-30

RESPONSABILIDAD Y OBLIGACIONES

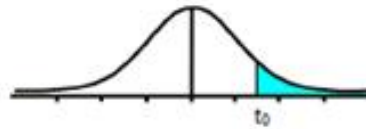
- Sera responsabilidad de cada uno de los trabajadores conservar las herramientas destinadas en su respectiva caja.
- Es obligación del trabajador que saque las herramientas del tablero, volverlas a ubicar en su sitio.
- El trabajador tiene la responsabilidad de avisar si alguna herramienta se daña o deja de funcionar, al gerente.
- El control de las herramientas lo realiza el jefe de seguridad y producción mediante la lista de verificación cada fin de semana.
- El llamado de atención lo puede realizar tanto el gerente o el jefe de seguridad y producción.

SANCIONES

- Se llamará la atención 2 veces, al trabajador que guarde la caja de herramientas sucia; a la tercera vez se lo multará con 2 dólares.
- En caso que las herramientas de las cajas desaparezcan el trabajador responsable de la caja afrontará el pago de la herramienta o reponerla con una similar o igual a la que extravió.
- Si es el caso que las herramientas del tablero desaparezcan todos los trabajadores tendrán que contribuir para comprar una herramienta similar o igual a la que extravió.
- El descuento se realizará cada semana en el momento de pago del trabajador.

ANEXO A: T Student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4499	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284

ANEXO B: Dotación de equipos de protección personal

La Prevención de Riesgos Laborales no se contraponen a la productividad, por el contrario: la promueve y es parte integral de ella por tal motivo es necesario que en la fabricación de puertas paneladas se realice un análisis de riesgos con el fin de ofrecerle al operario un ambiente de trabajo sano y seguro.

La identificación de riesgos se realiza en base al diagrama de proceso, en la fabricación de puertas paneladas el trabajador está expuesto a riesgos mecánicos, físicos, químicos y ergonómicos como se detalla a continuación.

Tabla. Equipos de protección personal

 INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA		ANÁLISIS DE RIESGOS
Proceso	Identificación de riesgos	Equipos de protección personal
Trasladar tubos cuadrados de bodega a la mesa de trabajo.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas	Guantes
Trazar y cortar los tubos.	Riesgo mecánico: Proyección de partículas Riesgo físico: Ruido	Gafas de seguridad Orejeras
Trasladar láminas de tol al área de doblado.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas	Guantes
Trazar, cortar y doblar las láminas de tol.	Riesgo mecánico: Proyección de partículas Riesgo físico: Ruido	Gafas de seguridad Orejeras
Trasladar la lámina de tol doblada y cortada a la mesa de trabajo.	Riesgo ergonómico: Manipulación de cargas	Guantes
Soldar tubos y lámina.	Riesgo químico: Gases de soldadura	Mascara de soldar Guantes de soldadura Mandil de soldadura
Colocar la chapa	Riesgo mecánico: Cortes y punzamientos	Guantes
Trasladar la puerta al área de pintura.	Riesgo ergonómico:	Guantes

	Manipulación de cargas	
Pintado y secado de la puerta.	Riesgo químico:	Mascarilla
	Gases de soldadura	Guantes

Fuente: Autor

En resumen los equipos de protección personal que el operario requiere para la fabricación de puertas paneladas son: guantes, gafas de seguridad, mascarara y guantes para soldar, mascarilla para pintura.

Tabla. Equipos de protección personal

Equipos de protección personal	Descripción
	<p>Guantes</p> <p>Se utilizan para manipular el material. Evitando cortes, punzamientos o golpes en las manos</p>
	<p>Gafas de seguridad</p> <p>Al cortar los tubos o el tol, se produce proyección de partículas por eso es necesario usar gafas de seguridad.</p>
	<p>Mascara y guantes para soldar</p> <p>La máscara se usa para evitar emanar los gases que produce la soldadura.</p> <p>Los guantes y el mandil se usan para evitar el contacto con las superficies que están a elevada temperatura y así evitar quemaduras.</p>
	<p>Mascara para pintar</p> <p>Para evitar la emanación de las partículas de pintura que están en el aire se utiliza la máscara para pintar.</p>



Orejas

Al cortar los tubos y el tol se produce ruido por este motivo se requiere orejas.

Fuente: Autor

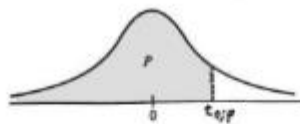
Figura. Soldadura y corte



Fuente: Autor

ANEXO C: Tabla t de Student

Distribución t de Student



La tabla A.4 da distintos valores de la función de distribución en relación con el número de grados de libertad; concretamente, relaciona los valores p y $t_{n,p}$ que satisfacen

$$P(t_n \leq t_{n,p}) = p.$$

n	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / 09 / 2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombre – Apellido: Dennis Patricio Tito Guanuche
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Industrial
Título a optar: Ingeniero Industrial
f. Documentalista responsable: