



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Rediseño del área de Taller Metalmecánico de una Compañía
dedicada a la distribución de alimentadores automáticos para
camarón, con el fin de mejorar flujos de personas, material y
disminución de tiempos de operación.”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

María Belén Noboa Saavedra

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento al profesor Óscar Calero, MSc., por la guía brindada para la realización de este proyecto.

A Christian Paredes, MSc., por haberme dado la oportunidad de trabajar en este tema, ser un mentor y un gran amigo.

A todos los colaboradores del Taller Metalmecánico que sin duda alguna me han acompañado en todo este proceso.

Gracias a todos ustedes.

DEDICATORIA

A Dios por todas las bendiciones, a mis amados padres María y Vicente por su esfuerzo, apoyo y amor incondicional. A mis hermanos Diana, Leonardo, Michelle y Pierre por su cariño y gran ejemplo a seguir. A mis sobrinos Leandro, Luigi, Catalina y Olivia por todas las sonrisas y travesuras. A José Andrés, el amor de mi vida, por creer en mí y darme ánimos para seguir adelante. A todos ustedes por ser mi pilar más importante, dedico mi esfuerzo y dedicación para la realización de este proyecto.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Óscar Omar Calero M., MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**María Fernanda López S., MSc.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

María Belén Noboa Saavedra

RESUMEN

El aumento de las exportaciones de camarón ecuatoriano desde el 2015 ha incrementado la producción mensual de estructuras metálicas dentro del Taller Metalmecánico de una Compañía dedicada a la distribución de alimentadores automáticos para camarón.

A pesar de haber incrementado el área de trabajo y haber adquirido máquinas y equipos nuevos dentro del taller, su distribución ha sido poco eficiente y sin un ordenamiento lógico para las operaciones realizadas, generando un aumento del lead time de producción y a su vez un aumento en el costo de mano de obra debido a los sobretiempos realizados para el cumplimiento de la demanda mensual de 400 estructuras metálicas de acero ASTM A36 y de 80 estructuras de acero inoxidable AISI 304.

Este proyecto propone el rediseño del taller de acuerdo con la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para la reducción de lead time y costo de mano de obra.

Para una correcta distribución de planta se siguieron los 7 pasos de la metodología SLP, tales como el análisis de *producto cantidad (1)* y *recorrido de los productos (2)* mediante el diagrama de procesos OTIDA y un diagrama de flujos de procesos. Se definieron las operaciones y se establecieron las secuencias para la producción de cada componente metálico de las estructuras y en base a esta información se realizaron las matrices de From-To Chart y Flow Between Chart. Luego para el *análisis de las relaciones entre actividades (3)*, se elaboró el Relationship Chart cualitativo mediante calificativos que van desde absolutamente necesario A, hasta no deseable X. Se elaboró un diagrama de bloques para visualizar la ubicación de las operaciones en el *desarrollo del diagrama relacional de actividades (4)* y conforme con los requerimientos de la gerencia se discutieron las *necesidades y disponibilidad de espacio (5)* para el rediseño del taller. Según al área mínima requerida para cada operación, se realizó un *diagrama relacional de espacios (6)* y se propuso 2 opciones de Layout para el Taller Metalmecánico. Se realizaron 3 *evaluaciones de las alternativas de distribución de equipos (7)*, la primera correspondiente a la evaluación en base al criterio de la mínima distancia de la metodología SLP, la segunda evaluación fue realizada de acuerdo con una simulación realizada en FlexSim, la tercera evaluación se la realizó por el costo de implementación para cada opción de rediseño.

En consonancia con la simulación realizada en FlexSim, la Opción 2 de layout para el rediseño del Taller Metalmecánico presentó una disminución para el lead time de producción a 22 días, es decir que los colaboradores de taller no tendrían que trabajar sobretiempos para cumplir con la demanda mensual, lo que generaría un ahorro en el costo de mano de obra.

Palabras clave: rediseño, distribución, Systematic Layout Planning (SLP), FlexSim, simulación, lead time.

ÍNDICE DE LA GUÍA

RESUMEN.....	I
ABREVIATURAS	III
SIMBOLOGÍA.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
2.1. Planteamiento del Problema	9
3. OBJETIVOS	9
3.1. Objetivo general.....	9
3.3. Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO 2	14
2. METODOLOGÍA	14
2.1. Systematic Layout Planning	14
2.2. Evaluación de Alternativas.....	24
CAPÍTULO 3	30
3. RESULTADOS	30
3.1. Resultados de las Evaluaciones de Alternativas	30
3.2. Análisis Financiero.....	31
CAPÍTULO 4	34
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1. Conclusiones	34
4.2. Recomendaciones	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXOS.....	37
ANEXO A: OTIDA	37
ANEXO B: FLUJOS	48
ANEXO C: FROM-TO CHART.....	53
ANEXO D: COSTOS DE REMODELACIÓN	57
ANEXO E: PRECIO MATERIA PRIMA	59

ABREVIATURAS

SLP	Systematic Layout Planning
AISI	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)
OTIDA	Operación – Transporte – Inspección – Demora – Almacenamiento

SIMBOLOGÍA

<i>kg</i>	Kilogramo
<i>m</i>	Metro
<i>min</i>	Minutos
<i>s</i>	Segundos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura Metálica: a) Elaborado en acero ASTM A36, b) Elaborado en acero inoxidable AISI 304. Fuente: Autor.	1
Figura 1.2 Taller Metalmecánico con un área de 375 m ² – Situación Actual. Fuente: Autor.	4
Figura 1.3 Exportación de camarón ecuatoriano de 2015 a 2020 (libras vs dólares). Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura.	5
Figura 1.4 Soldador MIG 1, elaborando una CAMA ALIMENTADOR 1X2M (línea de color rojo), soldador MIG 2 yendo a buscar material cortado para soldar (línea color celeste). Fuente: Autor.	6
Figura 1.5 De izquierda a derecha se observa un taladro de pedestal (línea color rojo), máquina de corte (línea color verde), soldador MIG (línea color celeste), ayudante utilizando tronzadora de metal (línea color naranja). Fuente: Autor.	6
Figura 1.6 Traslado de material de perchas de almacenamiento a perchas de material listo para cortar. Fuente: Autor.	7
Figura 1.7 Costo de mano de obra del Taller Metalmecánico de octubre 2020 a julio 2021. Fuente: Autor.	8
Figura 1.8 Lead Time de producción del Taller Metalmecánico de octubre 2020 a julio 2021. Fuente: Autor.	8
Figura 1.9 Tabla relacional de actividades. Fuente: Muther, 1970.	11
Figura 1.10 Esquema de pasos del Systematic Layout Planning. Fuente: Muther, 1970.	12
Figura 1.11 Esquema de un Proceso Productivo Flow Shop.	13
Figura 2.1 Flujo de proceso para la elaboración de un Soporte De Flotadores (Araña). Fuente: Autor.	15
Figura 2.2 Relationship Chart de las operaciones realizadas en el Taller Metalmecánico. Fuente: Autor.	18
Figura 2.3 Diagrama relacional de las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico. Fuente: Autor.	19
Figura 2.4 Diagrama relacional de espacios requeridos para las operaciones realizadas en el Taller Metalmecánico. Fuente: Autor.	20
Figura 2.5 Opción 1 de Layout de 425 m ² . Fuente: Autor.	21
Figura 2.6 Opción 2 de Layout para 500 m ² . Fuente: Autor.	22
Figura 2.7 Opción 1 de Layout realizado en AutoCAD de 425 m ² . Fuente: Autor.	23
Figura 2.8 Opción 2 de Layout realizado en AutoCAD de 500 m ² . Fuente: Autor.	23
Figura 2.9 Global Table en FlexSim sobre la operación: A TRONZADORA 1. Fuente: FlexSim.	26
Figura 2.10 Configuración en FlexSim del Processor de la Tronzadora de metal 1. Fuente: FlexSim.	27
Figura 2.11 Conexiones centrales y a la salida del Queue de la salida de la Tronzadora de metal 1. Fuente: FlexSim.	27
Figura 2.12 Configuración en FlexSim del Output del Queue de la salida de la Tronzadora de metal 1. Fuente: FlexSim.	28
Figura 2.13 Simulación en FlexSim de la Opción 1 de 425 m ² de Taller Metalmecánico. Fuente: FlexSim.	28
Figura 2.14 Simulación en FlexSim de la Opción 2 de 500 m ² de Taller Metalmecánico. Fuente: FlexSim.	29
Figura 5.1 Flujo de procesos del Soporte de Flotadores (Araña). Fuente: Autor.	48
Figura 5.2 Flujo de procesos del Tubo Cuadrado 2 m. Fuente: Autor.	48

Figura 5.3 Flujo de procesos del Tubo Estructural 1.68 m. Fuente: Autor.	48
Figura 5.4 Flujo de procesos del Anillo Superior. Fuente: Autor.....	48
Figura 5.5 Flujo de procesos de Platina Lisa Soporte de Tolva. Fuente: Autor.	49
Figura 5.6 Flujo de procesos de Faldón. Fuente: Autor.	49
Figura 5.7 Flujo de procesos del Poste Alimentador 2 m. Fuente: Autor.	49
Figura 5.8 Flujo de procesos de Cama Alimentador 1 x 2 m. Fuente: Autor.	49
Figura 5.9 Flujo de procesos de Platina en V. Fuente: Autor.....	50
Figura 5.10 Flujo de procesos de Soporte para Caja PL. Fuente: Autor.	50
Figura 5.11 Flujo de procesos de la Base de Fundir. Fuente: Autor.....	50
Figura 5.12 Flujo de procesos de Púas Antipájaros 2 m. Fuente: Autor.	50
Figura 5.13 Flujo de procesos del Sombrero Chino. Fuente: Autor.....	51
Figura 5.14 Flujo de procesos del Protector de Spinner. Fuente: Autor.....	51
Figura 5.15 Flujo de Procesos de Cama para Panel 1 x 2 m. Fuente: Autor.	51
Figura 5.16 Flujo de procesos del Poste SF200 Inalámbrico 1 Caída. Fuente: Autor.	52
Figura 5.17 Soporte Inox. Para Caja PL. Fuente: Autor.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Componentes, descripción, requerimiento mensual y operaciones realizadas para manufacturar una estructura metálica de acero ASTM A36 y acero inoxidable AISI 304.....	2
Tabla 1.2 Producción mensual del Taller Metalmecánico de octubre 2020 a julio 2021.7	
Tabla 2.1 Formato para la elaboración de Diagrama de Proceso OTIDA.	14
Tabla 2.2 Identificación de las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.	15
Tabla 2.3 Secuencia de las operaciones realizadas para la elaboración de los componentes metálicos.....	16
Tabla 2.4 From-To Chart para las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico. .	17
Tabla 2.5 Flow Between Chart para las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.	17
Tabla 2.6 Calificativo para las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.	18
Tabla 2.7 Área mínima requerida para las Operaciones del Taller Metalmecánico.	20
Tabla 2.8 Evaluación de las opciones de Layout para 425 y 500 m ²	24
Tabla 2.9 Recursos utilizados para las simulaciones en FlexSim.	25
Tabla 2.10 Resumen de los tiempos en segundos para cada proceso de las operaciones por componente metálico.	26
Tabla 2.11 Trabajos a realizar para Opciones 1 y 2.....	29
Tabla 3.1. Tiempos resultantes de las Simulaciones en FlexSim para las Opciones 1 y 2 del Taller Metalmecánico.	30
Tabla 3.2. Flujo de Caja de la Situación Actual del Taller Metalmecánico.	31
Tabla 3.3. Flujo de Caja de la Opción 1 de 425 m ² del Taller Metalmecánico.	32
Tabla 3.4. Flujo de Caja de la Opción 2 de 500 m ² del Taller Metalmecánico.	32
Tabla 3.5. Resumen de Flujos de Caja y Diferencia entre las Opciones 1 y 2 y la Situación Actual.	33
Tabla 5.1 Diagrama de proceso OTIDA: Soporte de Flotadores (Araña).	37
Tabla 5.2 Diagrama de proceso OTIDA: Tubo Cuadrado 2 m.	38
Tabla 5.3 Diagrama de proceso OTIDA: Tubo Estructural 1.68 m	38
Tabla 5.4 Diagrama de proceso OTIDA: Anillo Superior.....	39
Tabla 5.5 Diagrama de proceso OTIDA: Platina Lisa Soporte de Tolva.....	39
Tabla 5.6 Diagrama de proceso OTIDA: Faldón.	40
Tabla 5.7 Diagrama de proceso OTIDA: Poste Alimentador 2 m.	41
Tabla 5.8 Diagrama de proceso OTIDA: Cama Alimentador 1 x 2 m.	42
Tabla 5.9 Diagrama de proceso OTIDA: Platina en V.....	42
Tabla 5.10 Diagrama de proceso OTIDA: Púas Antipájaros 2 m.....	43
Tabla 5.11 Diagrama de proceso OTIDA: Soporte para Caja PL.	43
Tabla 5.12 Diagrama de proceso OTIDA: Cama para Panel 1 x 2 m.....	44
Tabla 5.13 Diagrama de proceso OTIDA: Poste SF200 Inalámbrico 1 Caída.	45
Tabla 5.14 Diagrama de proceso OTIDA: Soporte Inox. Para Caja PL.....	46
Tabla 5.15 Diagrama de proceso OTIDA: Sombrero Chino.....	46
Tabla 5.16 Diagrama de proceso OTIDA: Protector de Spinner.....	47
Tabla 5.17 Diagrama de proceso OTIDA: Base de Fundir.....	47
Tabla 5.18 From-To Chart de las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico. ...	53
Tabla 5.19 Costo de inversión para adecuaciones del Taller Metálico – Opción 1.....	57
Tabla 5.20 Costo de inversión para adecuaciones del Taller Metálico – Opción 2.....	58
Tabla 5.21 Precio de Materia Prima por cada componente de un alimentador.....	59

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

La Compañía se dedica a la importación y distribución de productos de microbiología, insumos y equipos para el diagnóstico de la inocuidad alimentaria para consumo humano, así como también a la importación y venta de equipos AQ1 en el sector acuícola.

Específicamente en su división acuícola, se encarga de la venta e instalación de equipos AQ1, cuya principal función es la automatización de los comederos de camarón para las diferentes granjas productoras situadas en la zona costera del Ecuador. La instalación de estos equipos incluye la configuración previa de los equipos AQ1, así como un proceso de manufactura de soportes de alimentadores (estructuras metálicas).

La Compañía cuenta con más de 5 años de experiencia dentro del sector acuícola y su portafolio de productos incluye adicionalmente sensores sónicos, de temperatura y de oxígeno disuelto que registran de manera automática la información en tiempo real.

Esta Compañía dispone de 2 diferentes talleres para la elaboración de los alimentadores automáticos. El primero, es el Taller Eléctrico, el cual se encarga de la configuración de equipos y motores que automatizan la alimentación del camarón. El segundo es el Taller Metalmecánico, responsable de la manufactura de los diferentes componentes para la elaboración de una estructura metálica (ya sea en acero ASTM A36 o acero inoxidable AISI 304, *Figura 1.1*) y tiene como función soportar principalmente la tolva de carga del alimento del camarón, así como los diferentes equipos y motores encargados de la automatización del alimento.

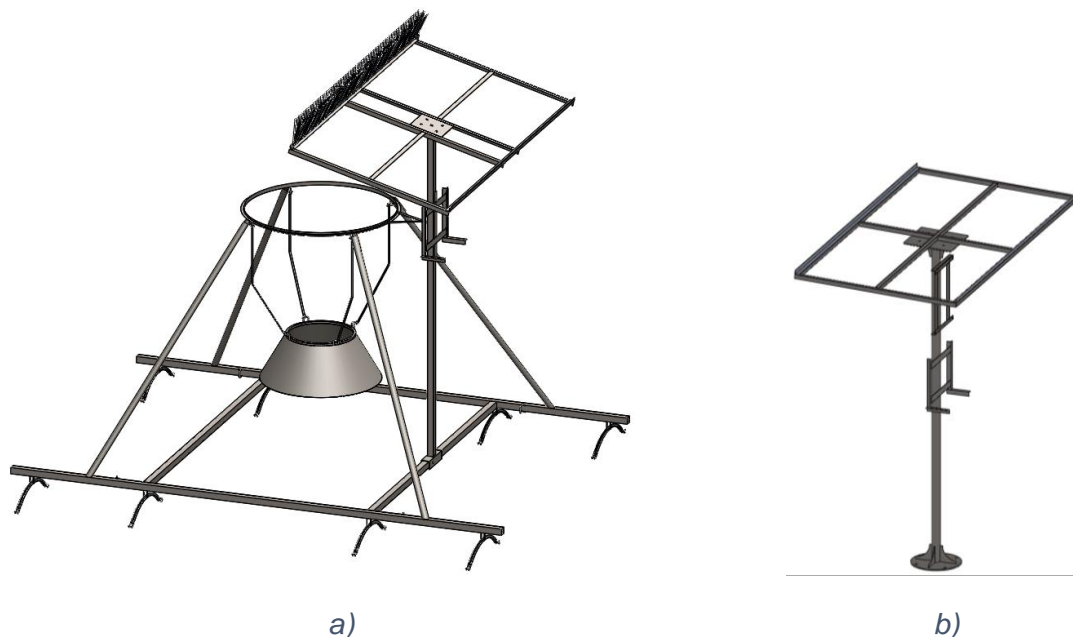














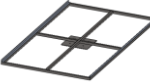





Figura 1.1 Estructura Metálica: a) Elaborado en acero ASTM A36, b) Elaborado en acero inoxidable AISI 304. Fuente: Autor.

La estructura metálica es un conjunto de varios componentes destinados a soportar los efectos de las fuerzas que actúan sobre este, como por ejemplo el peso del balanceado y las cargas dinámicas cíclicas provocadas por el movimiento del agua en las piscinas de camarón. El Taller Metalmecánico se encarga de manufacturar todos los componentes de las estructuras metálicas mas no de ensamblar dichos componentes; el ensamble de los componentes lo realiza el equipo de instalaciones en las granjas camaroneras. En la *Tabla 1.1* se puede apreciar cada uno de estos componentes, su demanda media mensual antes y después de octubre 2020 y los procesos de manufactura asociado a cada uno de ellos.

Tabla 1.1 Componentes, descripción, requerimiento mensual y operaciones realizadas para manufacturar una estructura metálica de acero ASTM A36 y acero inoxidable AISI 304.

Componentes de la estructura metálica	Descripción	Requerimiento mensual (und)		Operaciones
		Sep-2020	Nov-2020	
Producción en acero ASTM A36				
	SOPORTE DE FLOTADORES	600	800	Corte Perforado Doblado Rolado Pulido Soldado
	TUBO CUADRADO 2 M	600	800	Corte Perforado
	TUBO ESTRUCTURAL 1.68 M	1200	1600	Corte Pulido
	ANILLO SUPERIOR	300	400	Corte Rolado Doblado Pulido Soldado
	PLATINA LISA SOPORTE DE TOLVA	1200	1600	Corte Doblado
	FALDÓN	300	400	Corte Doblado Rolado Soldado
	POSTE ALIMENTADOR	300	400	Corte Perforado Soldado

	CAMA ALIMENTADOR 1 X 2 M	300	400	Corte Soldado
	PLATINA EN V	600	800	Corte Soldado
	SOPORTE PARA CAJA PL	300	400	Corte Perforado Soldado
	BASE DE FUNDIR	60	80	Corte Doblado Soldado Pintado
Producción en acero inoxidable AISI 304				
	PÚAS ANTIPÁJAROS 2 M	300	400	Corte Perforado Remachado
	SOMBRERO CHINO	300	400	Corte Perforado Remachado Soldado
	PROTECTOR DE SPINNER	300	400	Corte Soldado
	CAMA PARA PANEL 1 X 2 M	60	80	Corte Soldado Pintado
	POSTE SF200 INALÁMBRICO 1 CAÍDA	60	80	Corte Soldado Pintado
	MARCO GRANDE	60	80	Corte Soldado Pintado
	SOPORTE INOX. PARA CAJA PL	60	80	Corte Soldado Pintado

Fuente: Autor.

El Taller Metalmeccánico empezó sus operaciones en el año 2015 ocupando un área de trabajo de 250 m² y contaba con los siguientes equipos:

- 2 máquinas soldadora para acero inoxidable AISI 304
- 3 máquinas soldadoras para acero ASTM A36
- 1 taladro de pedestal
- 2 tronzadoras de metal
- 1 pulidora
- 2 pistolas de aire

En el transcurso de los últimos 6 años (2015 al 2021), las ventas de alimentadores automáticos en Ecuador han incrementado y la producción en el Taller Metalmeccánico

se ha visto afectada, motivo por el cual, en octubre del 2020 el área de trabajo se ha ampliado a 375 m², en la actualidad (*Figura 1.2*) se cuenta con los siguientes equipos:

- 2 máquinas soldadoras para acero inoxidable AISI 304
- 5 máquinas soldadoras para acero ASTM a36
- 3 taladro de pedestal
- 3 tronzadoras de metal
- 1 cizalla de metal
- 1 pulidora
- 1 esmeril
- 3 pistolas de aire
- 1 cortadora por plasma

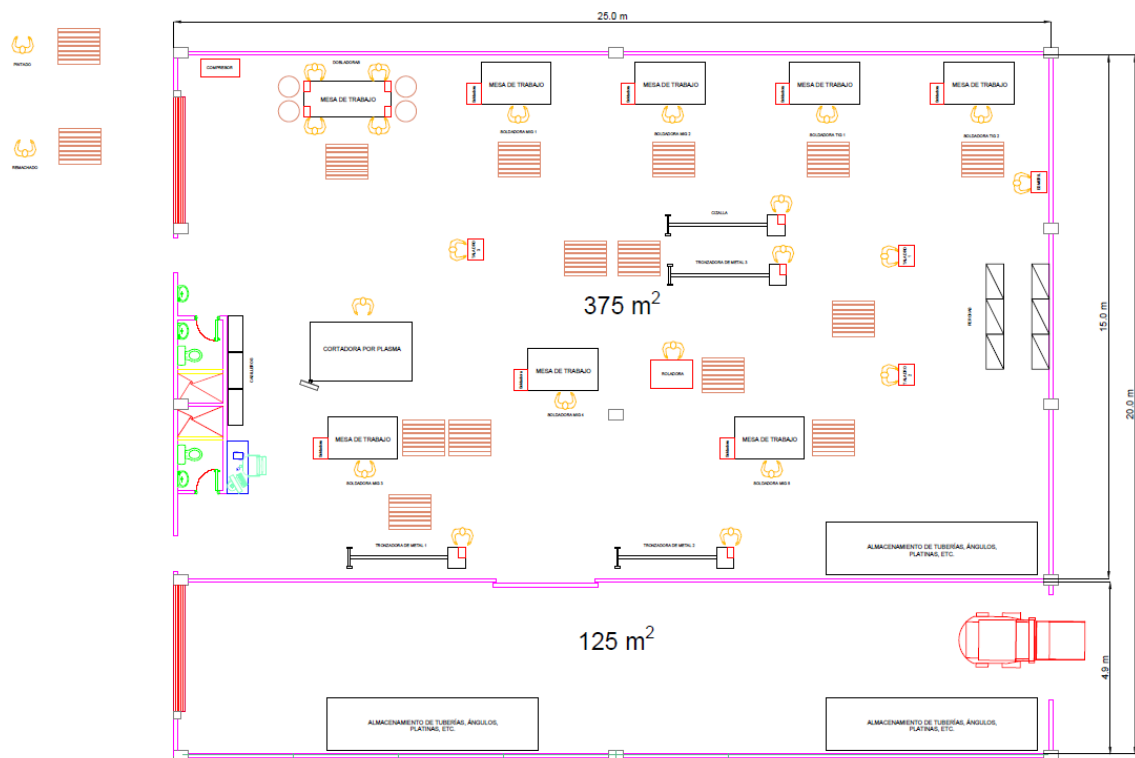


Figura 1.2 Taller Metalmeccánico con un área de 375 m² – Situación Actual.
Fuente: Autor.

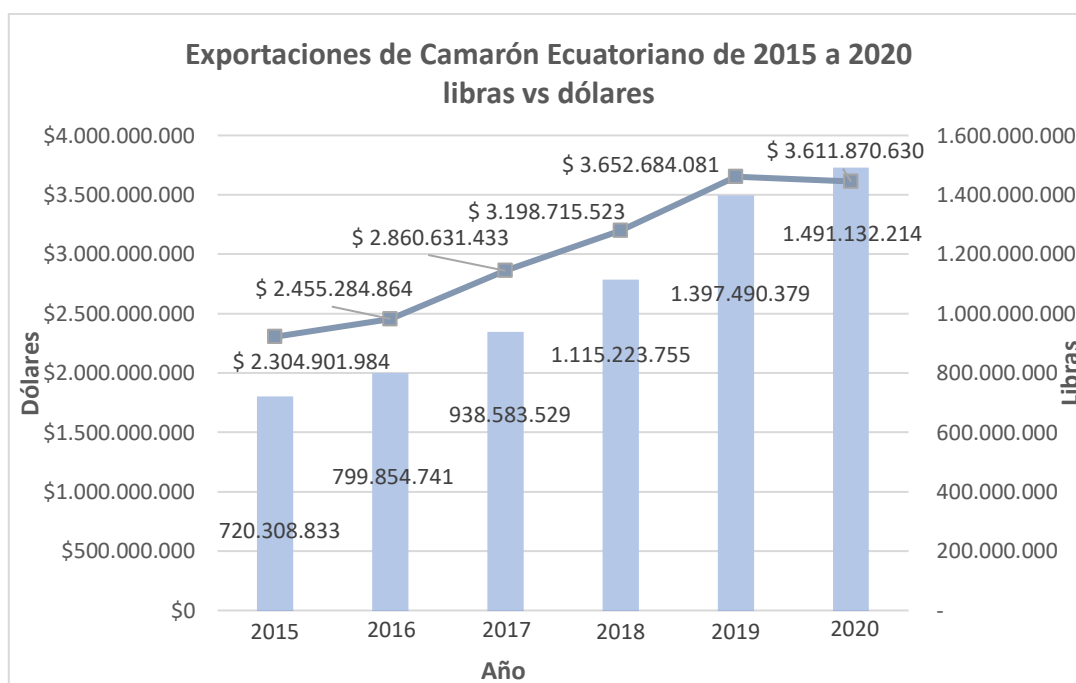
El requerimiento mensual para el Taller Metalmeccánico antes de octubre del 2020 era de 300 estructuras metálicas de acero ASTM A36 y de 60 estructuras metálicas de acero inoxidable AISI 304 y a partir de noviembre 2020 es de 400 y 80 respectivamente. El taller cuenta con 16 colaboradores de los cuales, 2 son soldadores TIG, 5 son soldadores MIG y 9 son ayudantes que realizan diferentes tareas tales como, corte, pulido, perforado, doblado, rolado, remachado y pintado (*Figura 1.2*).

El taller realiza sus actividades en 1 turno de 7:00 H a 16:00 H, tiene 1 hora de almuerzo de 11:30 H a 12:30 H; el sueldo de un soldador es de \$33/día, mientras que para un ayudante es de \$23/día, no se realiza sobretiempo, solo en el caso de que se genere una venta de último momento y con aprobación de la gerencia.

A pesar del incremento del área de trabajo en el Taller Metalmecánico, su layout interno no ha permitido responder en la misma medida, a partir de noviembre 2020, con la capacidad actual de producción, provocando lead times extendidos y aumento de mano de obra para cumplir con las órdenes de producción.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento de la Compañía en ventas de los últimos 6 años, debido al aumento de producción de camarón en el Ecuador para exportación (*Figura 1.3*), ha incrementado en un 33% la producción mensual de estructuras metálicas dentro del Taller Metalmecánico.



*Figura 1.3 Exportación de camarón ecuatoriano de 2015 a 2020 (libras vs dólares).
Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura.*

Como consecuencia de la adquisición de máquinas y equipos sin planificación previa para el Taller Metalmecánico, se ha advertido lo siguiente:

- Las máquinas soldadoras se las ha colocado en “donde hay espacio”, por lo que los soldadores no tienen las partes de los componentes cerca y con esto se ha observado que se toma más tiempo en que el colaborador tenga que ir a ver cada parte del componente al momento de soldar. Un análisis de tiempo y movimiento de los actuales procesos en dicha distribución evidenció el impacto de los transportes intermedios en el ratio de producción de este mini clúster. En la *Figura 1.4* se puede percibir que el soldador tiene que caminar 10 pasos para poder tomar una placa cuadrada cortada para soldar la CAMA ALIMENTADOR 1X2M.



Figura 1.4 Soldador MIG 1, elaborando una CAMA ALIMENTADOR 1X2M (línea de color rojo), soldador MIG 2 yendo a buscar material cortado para soldar (línea color celeste). Fuente: Autor.

- Los puestos de trabajo están colocados sin ninguna secuencia lógica asociada con el diagrama de procesos de la referencia más producida (Soporte de flotadores), por lo que se hace ineficiente la circulación de personas, de material y de que cada puesto tenga cerca lo necesario (herramientas y partes a ser soldadas, una vez que ya fueron cortadas). En la *Figura 1.5* se puede percibir que el soldador MIG y el ayudante están muy cercanos (1.5 m aprox.), el soldador MIG no tiene las partes de los componentes contiguos, en la *Figura 1.4* se lo puede observar yendo a buscar material cortado para soldar.



Figura 1.5 De izquierda a derecha se observa un taladro de pedestal (línea color rojo), máquina de corte (línea color verde), soldador MIG (línea color celeste), ayudante utilizando tronzadora de metal (línea color naranja). Fuente: Autor.

- No se cuenta con líneas de seguridad para delimitar zona de trabajo y zona de circulación.
- El trasiego desde la bodega de materias primas a la zona de buffer intermedio es de aproximadamente 15 m (*Figura 1.6*). Dependiendo de la cantidad de materia prima a trasladar, esta actividad manual la pueden realizar hasta 6 personas, por caminos no delimitados a expensas de la saturación interna de aquel momento.

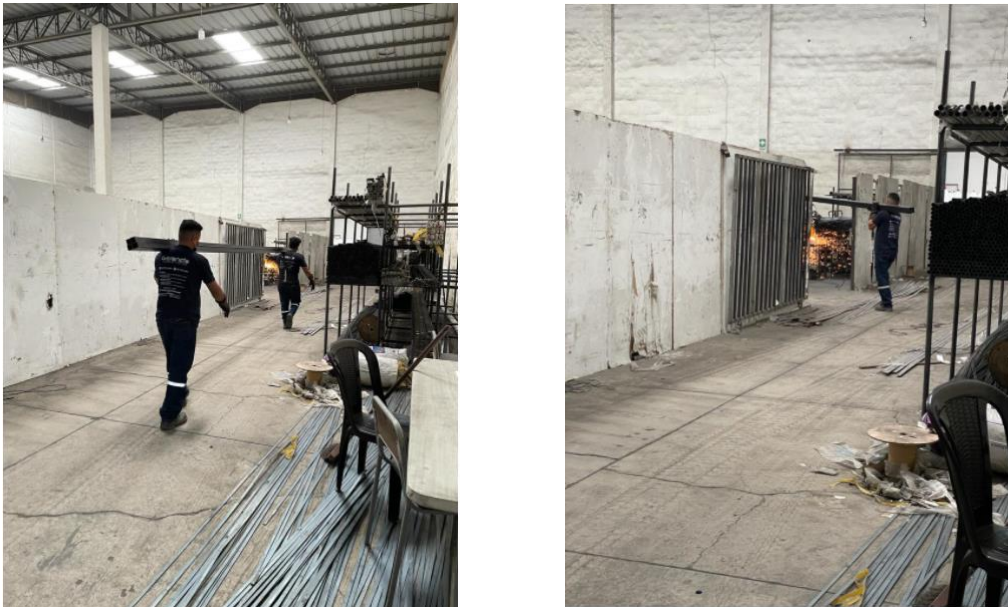


Figura 1.6 Traslado de material de perchas de almacenamiento a perchas de material listo para cortar. Fuente: Autor.

Dado que la producción en el Taller Metalmecánico aumentó a partir de noviembre del 2020, de 300 a 400 alimentadores automáticos en acero ASTM A36 y de 60 a 80 unidades en acero inoxidable AISI 304, se han generado incumplimientos de la producción:

Tabla 1.2 Producción mensual del Taller Metalmecánico de octubre 2020 a julio 2021.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21
1	SOPORTE DE FLOTADORES (ARAÑA)	600	650	710	720	740	750	800	825	840	865
2	TUBO CUADRADO 2 M	600	680	720	735	745	770	810	830	845	890
3	TUBO ESTRUCTURAL 1,68 M	1200	1230	1320	1350	1360	1450	1580	1610	1620	1655
4	ANILLO SUPERIOR	300	325	360	360	365	380	405	430	460	490
5	PLATINA LISA SOPORTE DE TOLVA	1200	1250	1310	1330	1350	1420	1560	1600	1650	1680
6	FALDÓN	300	320	340	340	345	360	400	420	465	490
7	POSTE ALIMENTADOR 2 M	300	325	340	340	350	380	400	435	490	510
8	CAMA ALIMENTADOR 1 X 2 M	300	310	325	350	355	380	400	430	445	490
9	PLATINA EN V	600	650	680	680	680	710	800	840	900	920
10	PÚAS ANTIPÁJAROS 2 M	300	320	340	340	350	370	400	450	460	485
11	SOPORTE PARA CAJA PL	300	340	350	365	365	375	400	450	470	480
12	CAMA PARA PANEL 1 X 2 M	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80
13	POSTE SF200 INALÁMBRICO 1 CAÍDA	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80
14	SOPORTE INOX PARA CAJA PL	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80
15	SOMBRERO CHINO	300	310	325	340	340	350	390	420	450	495
16	PROTECTOR DE SPINNER	300	340	355	370	370	375	420	440	460	460
17	BASE DE FUNDIR	60	70	80	80	80	80	80	80	80	80

Fuente: Autor.

La producción que se realizó en noviembre 2020 no fue la esperada, se puede observar que para el primer ítem de Soporte de Flotadores (Araña), este solo alcanzó 650 de 800 unidades, por lo cual al mes siguiente se propuso hacer una semana de horas extras, es decir 20 horas adicionales.

En diciembre 2020, para el mismo ítem de Soporte de Flotadores (Araña) solo alcanzó 710 de 800 unidades. A partir de abril del 2021, se dispuso a trabajar 2 semanas de horas extras para lo cual se obtuvieron los resultados esperados, pero se incrementó el costo de mano de obra primero en un 12.6% (diciembre a marzo) y luego en un 25.3% (abril a julio). La *Figura 1.7* muestra el comportamiento de este indicador desde octubre 2020 hasta julio 2021.

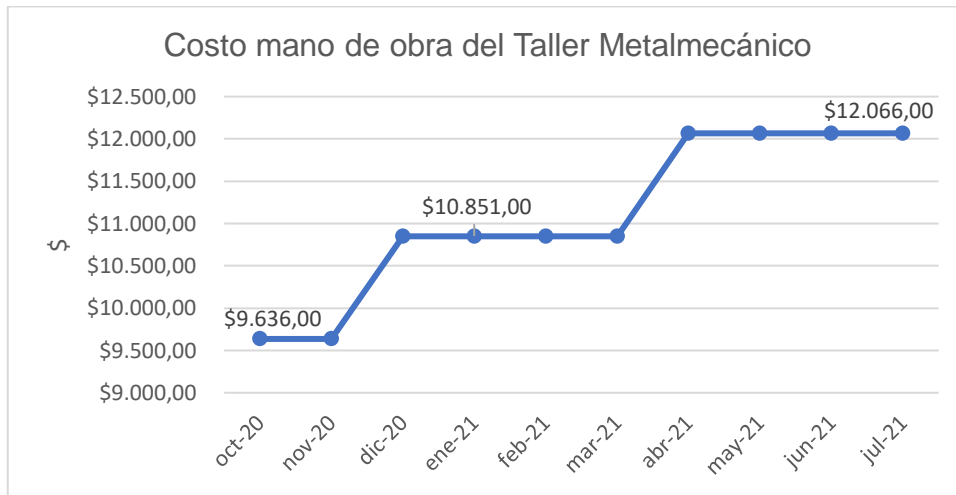


Figura 1.7 Costo de mano de obra del Taller Metalmeccánico de octubre 2020 a julio 2021. Fuente: Autor.

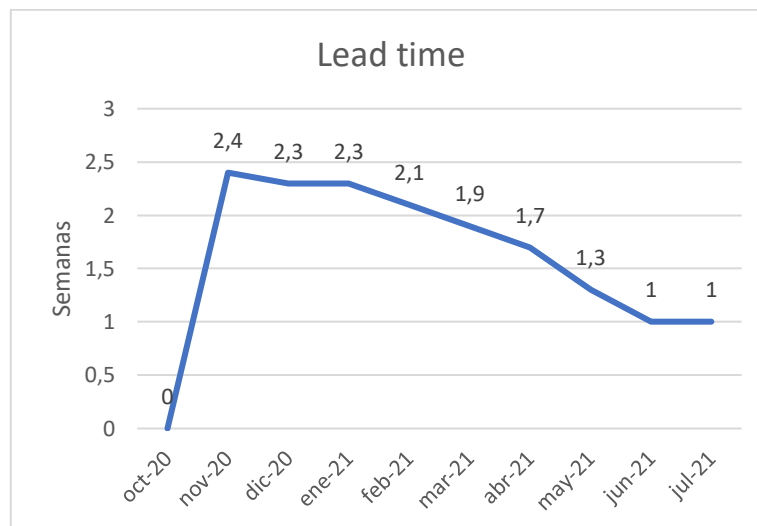


Figura 1.8 Lead Time de producción del Taller Metalmeccánico de octubre 2020 a julio 2021. Fuente: Autor.

La *Figura 1.8* muestra el lead time de producción adicional por mes, es decir que para la finalización de la producción del mes de noviembre, se demoró 2.4 semanas adicionales, dando como resultado 6.4 semanas en total. Lo que se realizó en la práctica para no atrasarse con las instalaciones, fue escoger los productos del mes siguiente.

2.1. Planteamiento del Problema

A partir de noviembre del 2020 el Taller Metalmecánico tuvo un aumento de producción del 33%, motivo por el cual no ha podido cumplir con el requerimiento mensual de producción (400 estructuras metálicas de acero ASTM A36 y 80 de acero inoxidable AISI 304) y a pesar de haber incrementado su área de trabajo y haber adquirido máquinas y equipos nuevos, estos se han distribuido de manera ineficiente y sin una secuencia lógica, lo que ha generado un aumento en el lead time de producción de estructuras y aumento en el costo de mano de obra para cumplir con las órdenes de fabricación.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Realizar el rediseño del área de Taller Metalmecánico de la Compañía aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP) con el objetivo de obtener el Layout más eficiente en cuanto a la distribución lógica y ordenada de los espacios de trabajo el cual garantice una reducción en el costo de mano de obra y lead time de producción, simulando y comprobado a través del programa de simulación FlexSim.

3.3. Objetivos específicos

- Determinar el flujo del proceso de manufactura de cada componente de la estructura metálica mediante la elaboración de un diagrama OTIDA que permita observar y analizar todas las actividades de los colaboradores y del material para *a posteriori* buscar un orden lógico de las máquinas que reduzca los tiempos de desplazamiento.
- Preparar y representar gráficamente el diagrama de relaciones basado en un Sistema de Producción Flow Shop para lograr que los espacios de trabajo se dispongan en función del flujo de producto de acuerdo con la tecnología (Soldadura, Corte, Rolado, Doblado, Perforado, Pulido, Remachado, Pintado).
- Evaluar las necesidades básicas del espacio requerido para cada colaborador con la finalidad de dimensionar en su totalidad el Taller Metalmecánico y obtener una circulación segura y eficiente tanto de los colaboradores como del material a procesar.
- Diseñar y evaluar 2 propuestas de layout del Taller Metalmecánico con el propósito de distribuir los espacios de trabajo con alta frecuencia y relaciones lógicas cercanas entre sí, aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP).
- Seleccionar la mejor propuesta de layout y mediante el programa de simulación FlexSim confirmar su efectividad en la disminución de los tiempos de operación

a través del análisis de los indicadores de lead time de la producción de estructuras metálicas y costo de mano de obra.

4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El Taller Metalmecánico tiene diferentes líneas de trabajo, tales como corte, pulido, perforado, doblado, rolado, pintado, remachado, soldadura MIG y soldadura TIG; todas estas actividades se las realiza dentro del taller sin un espacio definido, dando como resultado una inadecuada distribución en el taller que afecta a los colaboradores en una difícil circulación, difícil acceso hasta cada área de trabajo, tiempos muertos, movimientos innecesarios de la materia prima, agotamiento físico y por lo consiguiente riesgos en la seguridad y salud de los colaboradores, generando así un aumento en los tiempos de entrega y costo de mano de obra.

El rediseño del taller se lo realiza aplicando Systematic Layout Planning (SLP), que es la metodología orientada a la solución de problemas de distribución en planta, teniendo como principal objetivo el ordenamiento físico de cada área de trabajo ya sea esta nueva o existente y que además ofrezca un correcto flujo de personas, materiales, etc., brindando con esto ahorros considerables de tiempo, dinero y personas. (Enrique Yacuzzi, 2009).

La aplicación del SLP debe lograr una reducción en el tiempo de producción de estructuras metálicas como resultado del ordenamiento de las máquinas y equipos, generando satisfacción del empleado, reducción de riesgos laborales, incremento en la producción, reducción de productos con atraso, reducción de material en proceso, mayor utilización de máquinas y mano de obra, mejor y fácil supervisión en las áreas de producción. (Muther, 1970). Por lo tanto, un diseño en planta correctamente distribuido proporciona un flujo fiable y económico de materiales y personas alrededor de una planta que sea socialmente aceptable para los trabajadores con el objetivo de producir un producto o varios en específico. (Moran, 2019)

El procedimiento para la aplicación de la metodología SLP consiste en los siguientes pasos:

- 1) Análisis producto-cantidad: conocer qué y cuánto se va a producir.
- 2) Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción): determinar la secuencia y cantidad de movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su proceso.
- 3) Análisis de las relaciones entre actividades: debe plantearse el tipo y las interacciones existentes entre las actividades productivas, para esto se emplea la tabla relacional de actividades.

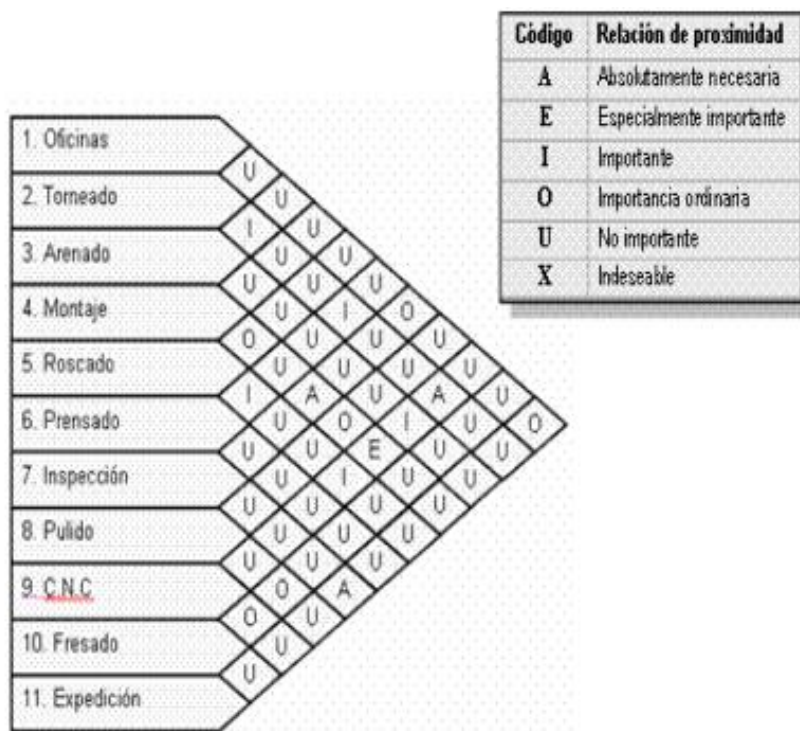


Figura 1.9 Tabla relacional de actividades. Fuente: Muther, 1970.

- 4) Desarrollo del diagrama de relaciones de actividades: Este es un gráfico en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas, con esto se intenta la distribución en que las actividades con mayor flujo estén lo más cerca posible (principio de la mínima distancia).
- 5) Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios: se realiza una precisión del espacio disponible y el espacio destinado a cada actividad.
- 6) Desarrollo del diagrama relacional de espacios: es similar al diagrama de relaciones de las actividades con la particularidad de que este ya lleva los requerimientos de espacio.
- 7) Evaluación de alternativas de distribución de quipos: Se selecciona la mejor opción en cuanto criterios tales como comparación de costos, factores ponderados, entre otros.

En la *Tabla 1.1* se puede observar el requerimiento mensual de cada pieza que constituye una estructura metálica. El taller realiza una producción en masa, mejor conocido como proceso productivo Flow Shop para la fabricación de 400 estructuras metálicas de acero ASTM A36 y 80 estructuras metálicas de acero inoxidable AISI 304, la principal característica de este tipo de proceso es que sus operaciones fluyen de manera discreta y mantienen la misma secuencia, es decir que la variación del producto es estandarizado por lo cual la fabricación de cada pieza mantiene el mismo proceso secuencial para cada pieza a manufacturar (Ruiz & Vásquez-Rodríguez, 2010).

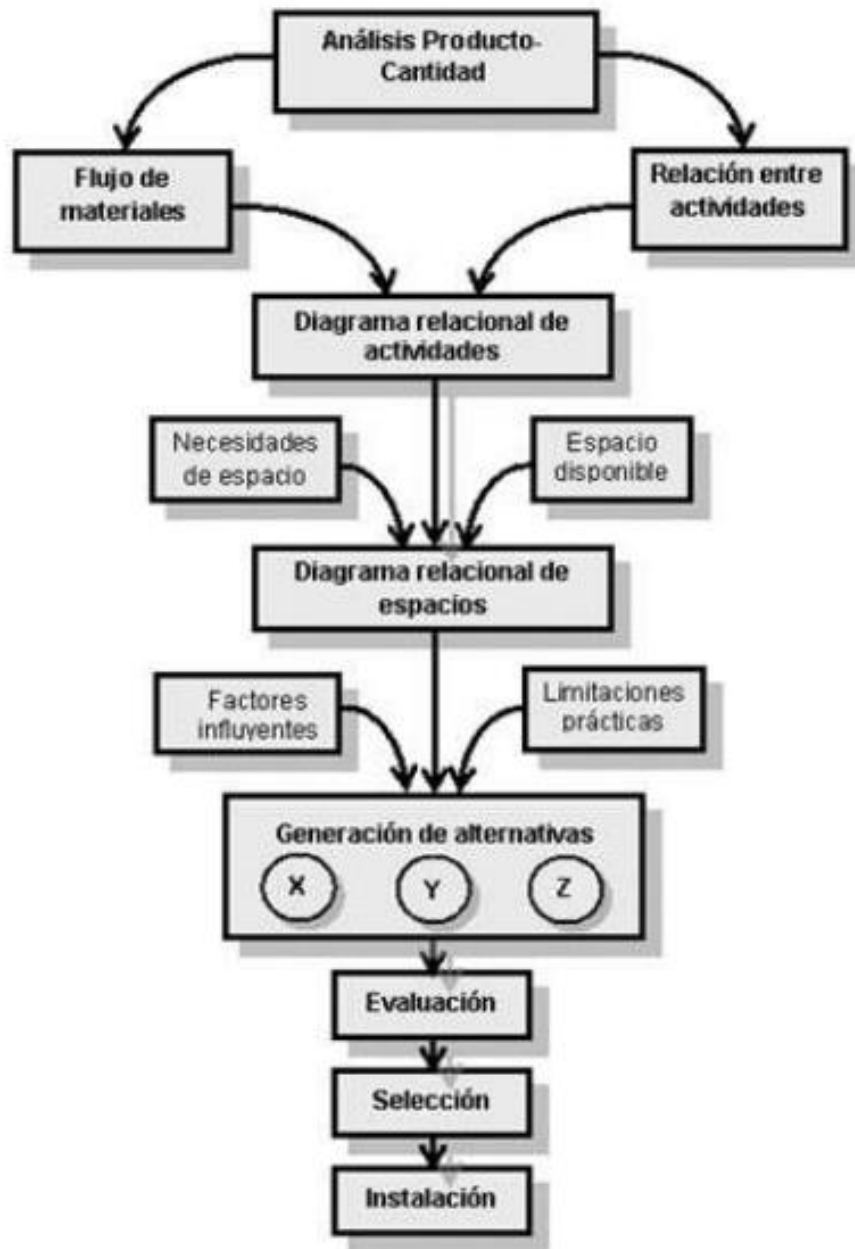


Figura 1.10 Esquema de pasos del Systematic Layout Planning. Fuente: Muther, 1970.

El adecuado rediseño para el Taller Metalmecánico está orientado al proceso productivo Flow Shop, es decir que primero se debe determinar el flujo entre máquinas y las relaciones entre ellas según el proceso de manufactura de cada pieza de una estructura metálica. Mediante el uso de las tablas de from-to chart, flow-between chart y activity relationship chart y el requerimiento de espacio para área de trabajo, se debe realizar las plantillas de departamentos mediante un diagrama de relaciones y para el cálculo de la efectividad de un layout se lo debe elaborar de acuerdo al objetivo basado en las distancias, respetando los pasillos para circulación de personas y materiales.

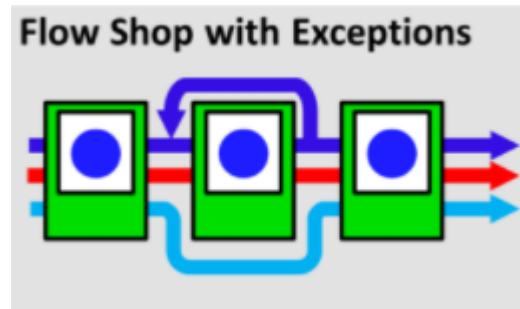


Figura 1.11 Esquema de un Proceso Productivo Flow Shop.

La Compañía es un conjunto de diferentes líneas de negocio en el sector camaronero el cual está creciendo de manera exponencial, generando cuellos de botella, ya que estos diseños se realizaron en base a las condiciones iniciales del negocio. Y ya que la Compañía ha tenido dicho crecimiento, el rediseño del Taller Metalmecánico debe considerar posibles modificaciones a futuro como aumento de más espacios de trabajo (Naik, 2016).

Para el modelado del layout escogido del taller, primero se debe recolectar información y datos relevantes que envuelven el proceso de manufactura realizado en el taller, así como también se debe definir parámetros y variables que ayuden en la elaboración del modelado (Leks & Gwiazda, 2015), para esto también se debe identificar que elementos y la cantidad que deben usarse, ya sean estos source, queue, processor, combiner, sink entre otros. FlexSim es un software de simulación 3D que permite modelar ambientes de trabajo usando C++ y el cual se utilizará para evaluar que el layout escogido cumpla con la reducción de los tiempos de proceso para la elaboración de una estructura metálica, así como también el costo de mano de obra.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Systematic Layout Planning

Para la realización de una correcta distribución de planta, primero se realizó un **análisis de producto-cantidad**, para lo cual fue necesario tener conocimiento de todos los productos que se manufacturan en taller, así como también las cantidades. La *Tabla 1.1*, presentada en el *CAPÍTULO 1*, muestra que para la producción en acero ASTM A36 se requieren de 11 componentes para su estructura con una producción mensual de 400 alimentadores, mientras que para la producción en acero inoxidable AISI 304 se requieren de 7 componentes con una producción mensual de 80 unidades (excepto PÚAS ANTIPÁJAROS, SOMBRERO CHINO Y PROTECTOR DE SPINNER que son parte de los alimentadores).

Mediante un **análisis del recorrido de los productos**, fue necesario la implementación de un Diagrama de Proceso OTIDA (*Tabla 2.1*), con este se pudo conocer con más detalle las actividades (**Operación-Transporte-Inspección-Demora-Almacenamiento**) que se realizan mensualmente en el Taller Metalmecánico para la elaboración de 18 diferentes componentes de la estructura metálica, además de la cantidad a procesar, distancias y tiempos. En el *ANEXO A* se muestran los 18 OTIDA para cada componente.

Tabla 2.1 Formato para la elaboración de Diagrama de Proceso OTIDA.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:		●	Operación	Imagen:							
Inicia:		➡	Transporte o desplazamiento								
Termina:		■	Inspección o revisión								
Elaborado por:		⏸	Demora o espera								
Fecha:		▼	Almacenamiento o archivo	N° Diagrama:	001	Producción:					
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
1	Material			●	➡	⏸	■	▼			
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Fuente: Autor.

Se analizó mediante un diagrama de flujo de proceso, si los componentes de la estructura metálica se los elabora de manera lineal o paralela, para lo cual primero se identificó las operaciones realizadas en el taller, así como también la cantidad de máquinas o herramientas que son asignadas para cada operación, como se muestra en la *Tabla 2.2*:

Tabla 2.2 Identificación de las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.

Identificación	Operación	Máquinas/Herramientas
A	Corte	3 Tronzadoras de metal
		1 Cizalla de metal
		1 Cortadora por plasma
B	Perforado	3 Taladros de pedestal
C	Pulido	1 Pulidora
		1 Esmeril
		1 Mototool
D	Doblado	3 Tornillo de banco
E	Rolado	1 Roladora
F	Pintado	Pintura manual (brocha o spray)
G	Soldado	2 Soldadoras TIG
		5 Soldadoras MIG
H	Remachado	3 Pistolas de aire

Fuente: Autor.

En la *Figura 2.1* se puede observar el flujo de proceso para la elaboración de un Soporte de Flotadores (Araña), se estableció que, para lograr el soldado final, se empieza realizando 7 actividades en paralelo y que todas las actividades empiezan en el corte de la materia prima, ya sea este mediante una tronzadora o cizalla. En el ANEXO B, se muestran los 17 flujos de procesos de los demás componentes de la estructura metálica de acero ASTM A36 y acero inoxidable AISI 304.

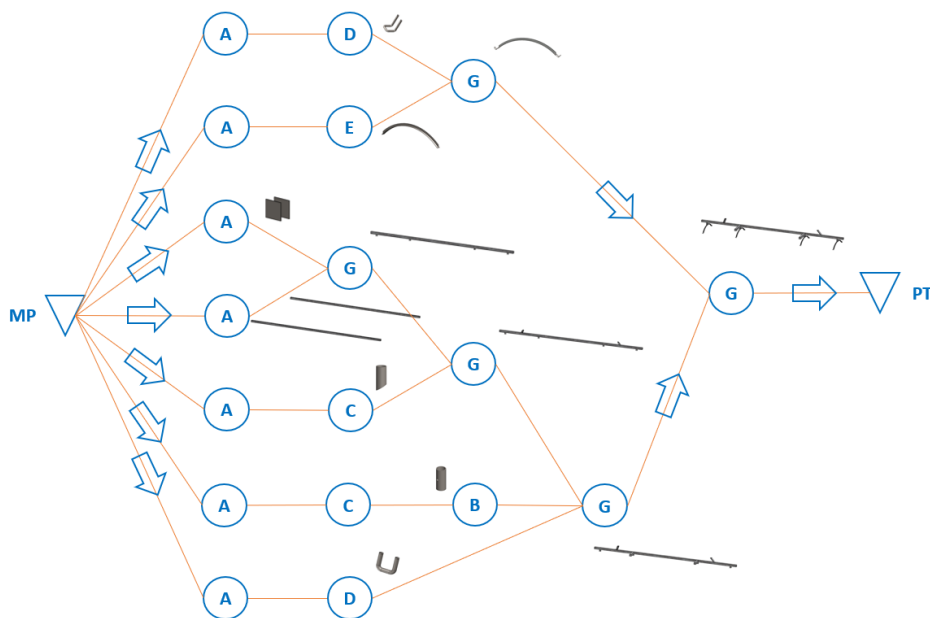


Figura 2.1 Flujo de proceso para la elaboración de un Soporte De Flotadores (Araña).

Fuente: Autor.

Luego de realizar los flujos de procesos para cada componente metálico, se definió las operaciones que se realizan para cada uno de ellos. La *Tabla 2.3* muestra el nombre del producto, la secuencia que sigue para su producción según las operaciones identificadas en la *Tabla 2.2*, la cantidad de piezas/producto y el total de kg que se deben

procesar en material. Se puede observar que para cada componente de las estructuras metálicas se la identificó con un color que se ve reflejado en el From-To Chart del ANEXO C.

Tabla 2.3 Secuencia de las operaciones realizadas para la elaboración de los componentes metálicos.

ÍTEM	PRODUCTO	SECUENCIA	(KG)	CANT.	TOTAL (KG)
1	SOPORTE DE FLOTADORES (ARAÑA)	∑			5656
	VARILLA MODELO 1	ADG	0,02	16	143
	PERFIL T 50 CM	AEG	0,26	8	841
	PLATINA 5 CM	AG	0,05	16	304
	TUBO CUADRADO	AG	5,17	2	4137
	TUBO SESGADO	ACG	0,06	4	94
	TUBO RECTO	ACBG	0,06	4	101
	VARILLA MODELO 2	ADG	0,02	4	36
2	TUBO CUADRADO 2 M	AB	3,45	2	2758
3	TUBO ESTRUCTURAL 1,68 M	AC	3,32	4	5316
4	ANILLO SUPERIOR	∑			1091
	TUBO RECTO	ACBG	0,06	4	101
	VARILLA MODELO 3	ADG	0,02	4	36
	ANILLO	EAGCBG	2,38	1	954
5	PLATINA LISA SOPORTE DE TOLVA	AD	0,24	4	380
6	FALDÓN	∑			2287
	VARILLA CUADRADA	EAGCG	1,56	1	625
	FALDÓN CORTADO	AEG	4,07	1	1626
	VARILLA MODELO 3	ADG	0,02	4	36
7	POSTE ALIMENTADOR 2 M	∑			2056
	ÁNGULO 20 CM	AGBG	0,46	1	184
	PLATINA 20 CM	AGBG	0,25	1	101
	PLACA CUADRADA	AG	0,93	1	373
	TUBO CUADRADO	ABG	3,45	1	1379
	ÁNGULO SOBRENTE	ABG	0,05	1	19
8	CAMA ALIMENTADOR 1 X 2 M	∑			4997
	ÁNGULO 1 M	AG	1,19	4	1899
	ÁNGULO 2 M	AG	2,37	2	1899
	ÁNGULO 87 CM	AG	1,03	2	826
	PLACA CUADRADA	AG	0,93	1	373
9	PLATINA EN V	ABC	0,19	2	152
10	PÚAS ANTIPÁJAROS 2 M	ADBH	0,97	1	387
11	SOPORTE PARA CAJA PL	∑			164
	ÁNGULO 14 CM	AG	0,17	2	27
	ÁNGULO 30 CM	AG	0,36	2	57
	PLATINA 32 CM	AG	0,30	2	49
	PLATINA 42 CM	AG	0,40	1	32
12	CAMA PARA PANEL 1 X 2 M	∑			1033
	TUBO CUADRADO 1 M	AG	1,15	3	275
	TUBO CUADRADO 2 M	ABG	2,29	3	551
	PLACA CUADRADA 20 CM	AG	0,95	1	76
	ÁNGULO ALUMINIO	AGH	0,82	2	131
13	POSTE SF200 INALÁMBRICO 1 CAÍDA	∑			911
	PLACA CUADRADA 20 CM	AGF	0,95	1	76
	RIGIDIZADORES	AGF	0,31	6	151
	BRIDA 30 CM	AGF	3,34	1	267
	TUBO REDONDO	AG	3,72	1	297
	PLATINA 40 CM	AGBGF	0,39	2	62
	ÁNGULO 30 CM	AGBGF	0,36	2	58
14	SOPORTE INOX. PARA CAJA PL	∑			135
	ÁNGULO 14 CM	AGF	0,17	2	27
	ÁNGULO 30 CM	AGF	0,36	2	58
	PLATINA 32 CM	AGF	0,31	2	50
15	SOMBREIRO CHINO	∑			82
	BRIDA 11 CM	AGH	0,04	1	18
	PLATINA 11 CM	AG	0,05	3	64
16	PROTECTOR DE SPINNER	GC	0,57	1	228
17	BASE DE FUNDIR	∑			473
	BRIDA 30 CM	AGF	4,91	1	393
	VARILLA 25 CM	ADGF	0,25	4	80

Fuente: Autor.

Se midió el flujo del proceso con el método cuantitativo From-to Chart que ayuda a determinar la cantidad de movimientos entre las operaciones que se realizan dentro del Taller Metalmecánico.

Para la realización del From-to Chart, se colocó tanto en las filas como en las columnas las operaciones establecidas en la *Tabla 2.2*, tal como corte, perforado, etc. Las filas representan la llegada y las columnas representan la salida del material y en cada casillero se cuantificó los movimientos del producto manufacturado, en este caso se lo cuantificó por el peso en kilogramos.

En el *ANEXO C* se muestra a detalle el From-to Chart realizado para todas las secuencias descritas en la *Tabla 2.3* para cada componente de las estructuras metálicas. En la *Tabla 2.4* se muestra el From-to Chart con la cuantificación de todos los movimientos sumados.

Tabla 2.4 From-To Chart para las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.

FROM-TO CHART								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		4859	5613	1061	841		13842	
B			152				3510	387
C		1156					719	
D		387					294	
E	1578						841	
F								
G		406	1807			1221		149
H								

Fuente: Autor.

El flujo que se observa en la parte inferior de la diagonal indica el backtracking o retroceso del flujo, el cual se debe llevar a la parte superior de la diagonal. Para esto se debe observar la posición de la celda, por ejemplo, la celda E-A de 1578 kg hay que desplazarla a la celda A-E de 841. En la *Tabla 2.5*, que muestra el Flow Between Chart, se observa que la celda A-E es de 2419, que resultó de la suma entre 841 y 1578 kg.

Tabla 2.5 Flow Between Chart para las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.

FLOW BETWEEN CHART								
	A	B	C	D	E	F	G	H
A		4859	5613	1061	2419		13842	
B			1308	387			3916	387
C							2526	
D							294	
E							841	
F							1221	
G								149
H								

Fuente: Autor.

Para el **análisis de las relaciones entre actividades** se comenzó con la elaboración del Relationship Chart o también conocido como el diagrama de relación entre departamentos. Este diagrama se realizó en base al Flow Between Chart mostrado en la *Tabla 2.5*.

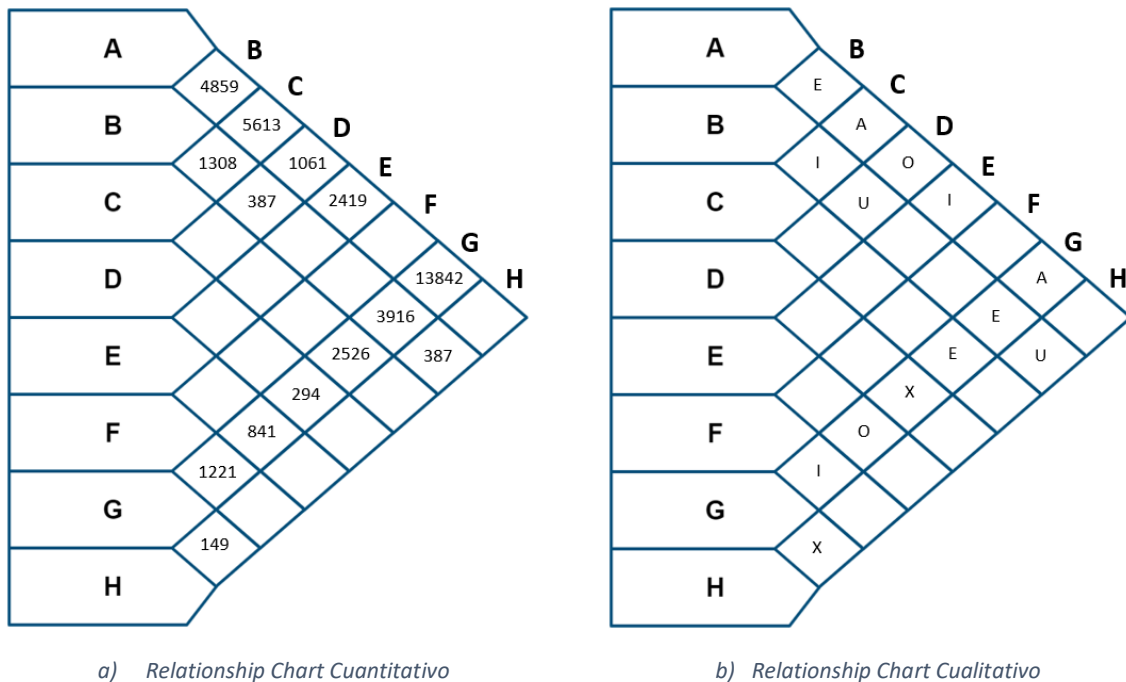


Figura 2.2 Relationship Chart de las operaciones realizadas en el Taller Metalmecánico. Fuente: Autor.

El diagrama de relaciones que presenta la *Figura 2.2 a)* permitió analizar las áreas de las operaciones que se realizan en el Taller Metalmecánico y valora en forma subjetiva la mínima distancia que debe tener entre cada operación de acuerdo con la siguiente clasificación:

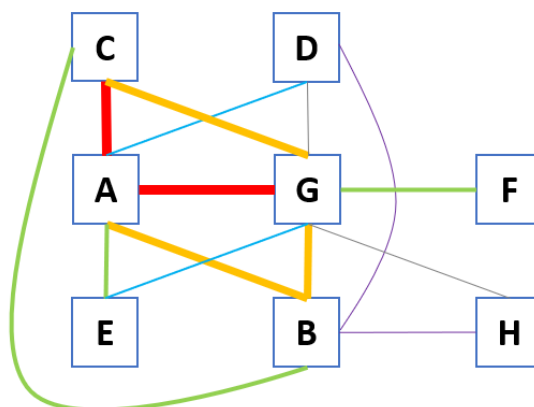
Tabla 2.6 Calificativo para las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.

Calificativo	Descripción	kg	
A	Absolutamente necesario	13842	■
		5613	
E	Especialmente importante	4859	■
		3916	
		2526	
I	Importante	2419	■
		1308	
		1221	
O	Importancia ordinaria	1061	■
		841	
U	No importante	387	■
		387	
X	No deseable	294	■
		149	

Fuente: Autor.

Esta clasificación evitó que la distribución física de las operaciones del Taller Metalmecánico se realice subjetivamente y con la información de los kilogramos obtenidos en el Flow Between Chart se lo puede introducir de manera cuantitativa al diagrama mostrado en la *Figura 2.2 b)*.

Para el **desarrollo del diagrama relacional de actividades** se elaboró un diagrama de bloques con el fin de visualizar la ubicación de las operaciones del Taller Metalmecánico de acuerdo con el principio de la mínima distancia. Estas operaciones se las unió con líneas diferenciadas por colores y por grosor como se observa en la *Tabla 2.6*.



*Figura 2.3 Diagrama relacional de las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.
Fuente: Autor.*

La *Figura 2.3* muestra la representación nodal para la distribución de las operaciones con mayor flujo de materiales. Esta representación se fue ajustando de tal manera que se minimizó las líneas cruzadas que representa la relación entre las operaciones del taller.

En el **análisis de necesidades y disponibilidad de espacios** se consideró lo siguiente:

- El Taller Metalmecánico cuenta con un área de 375 m², pero existe la posibilidad de que cuente con un área de 500 m² (largo: 25 m, ancho:20 m), para lo cual la gerencia requirió 2 alternativas de diseño para 375 y 500 m² del taller.
- Para la opción que se presenta de 500 m², se requiere 44 m² para el almacenamiento de materia prima (perchas para ángulos, platinas, varillas, tubos cuadrados, redondos y planchas), así como también servicios higiénicos y vestidores con un área de 24 m². En cambio, la opción de 375 m² no debe tener el área de vestidores ni de almacenamiento, este se quedará tal como está actualmente.
- Debe existir pasillos de mínimo 2 metros de distancia para que pueda circular un montacargas manual.
- Cada operación cuenta con un área para realizar la operación (corte, perforado, etc.) y para la colocación de mínimo 2 pallets (1 de entrada de materia prima y 1 de salida de producto semi procesado o producto terminado). El área mínima requerida se observa en la *Tabla 2.7* a continuación.

Tabla 2.7 Área mínima requerida para las Operaciones del Taller Metalmecánico.

Identificación	Operación	Máquinas Herramientas	Cantidad	Área requerida	Total	Área (m ²)
A	Corte	Tronzadora	3	2x4	24	50.0
		Cizalla	1	2x4	8	
		Cortadora por plasma	1	4.5x4	18	
B	Perforado	Taladro de pedestal	3	2x4	24	24.0
C	Pulido	Pulidora	1	2x4	8	16.0
		Esmeril	1	2x4	8	
D	Doblado	3 Tornillo de banco en 1 mesa	1	3.5x4	14	14.0
E	Rolado	Roladora	1	2.5x4	10	10.0
F	Pintado	Brocha o Spray	1	2x4	8	8.0
G	Soldado	Soldadora MIG	5	2.5x5	62.5	87.5
		Soldadora TIG	2	2.5x5	25	
H	Remachado	3 Pistolas de aire	1	2x4	8	8.0
TOTAL DE ÁREA REQUERIDA PARA OPERACIONES						217.5

Fuente: Autor.

Las operaciones de pintado y remachado no tienen una máquina asignada, sino más bien una herramienta con la cual el Ayudante realiza la operación, pero es totalmente necesario delimitar un área de trabajo dentro del Taller Metalmecánico.

En el **desarrollo del diagrama relacional de espacios** se consideró el área requerida para cada operación especificada en la Tabla 2.7, de tal manera que se transformó la representación nodal en una distribución más real para el Taller Metalmecánico, es decir que se modificó la ubicación de los bloques y se los ubicó de tal manera que estuvieran relacionados, la distribución física obtenida que se obtuvo fue la siguiente:

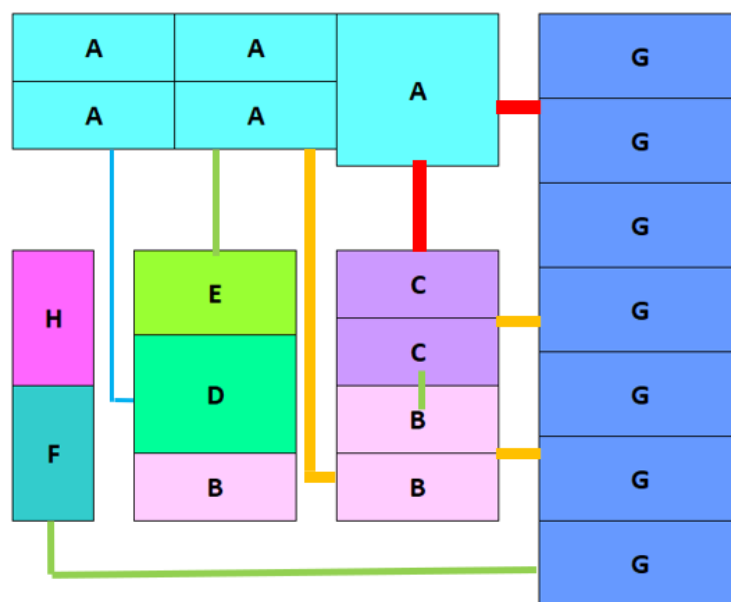


Figura 2.4 Diagrama relacional de espacios requeridos para las operaciones realizadas en el Taller Metalmecánico. Fuente: Autor.

Dado que el diagrama relacional cumplió con los requerimientos de espacios, se procedió a realizar 2 layouts como alternativas para el Taller.

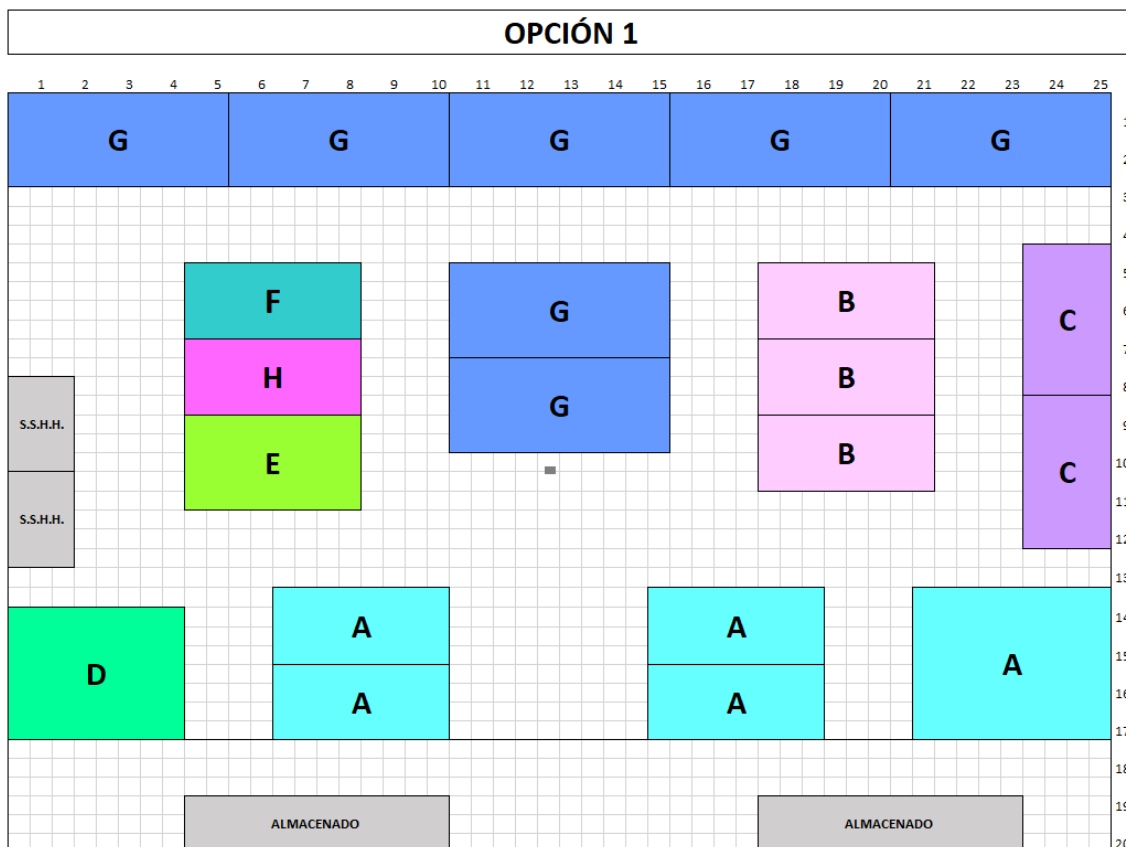


Figura 2.5 Opción 1 de Layout de 425 m². Fuente: Autor.

Para la elaboración de los layout, se definió se dibujó el área del Taller Metalmecánico de 25 m de largo y 20 m de ancho, también se definió el tamaño del bloque el cual fue de 0.5 m de largo y ancho, es decir 0.25 m².

Para la primera opción como muestra la *Figura 2.5*, el área de almacenado quedó igual a la situación actual del taller y se mantiene el boquete de comunicación que existe entre bodegas (en el extremo derecho inferior); no cuenta con vestidores, y para que cumpla con el requerimiento de una distancia mínima de 2 m, se movería la pared en el área de almacenado y el total del área quedaría de 425 m² en vez de 375 m².

La segunda opción que se observa en la *Figura 2.6*, aprovecha de mejor manera los 500 m² ya que se reubica el almacenamiento de la materia prima hacia el extremo superior izquierdo, esto da una gran ventaja debido a que es más cercano al proveedor del material. Así mismo, esta opción cuenta con vestidores y se cumple a el espacio requerido de 2 m entre pasillos.

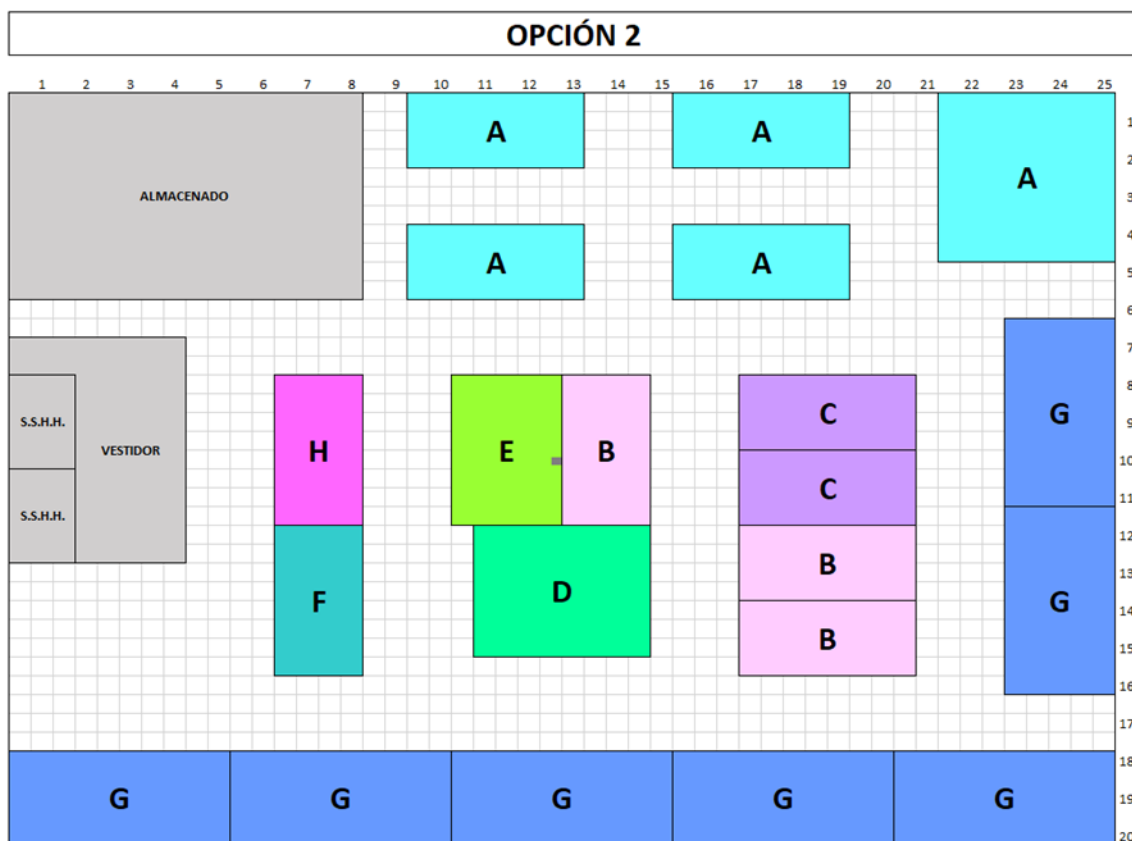


Figura 2.6 Opción 2 de Layout para 500 m². Fuente: Autor.

Una vez desarrolladas las opciones con las posibles soluciones, se procedió a dibujar los 2 layout en AutoCAD para lograr visualizar de mejor manera los espacios para las operaciones, la *Figura 2.7* muestra la Opción 1 de Layout de 425 m² en donde las líneas de color amarillo representan las líneas de seguridad para delimitar las operaciones dentro del Taller Metalmecánico, así mismo los pallets que se muestran de color café son para la entrada y salida de producto semiprocesado dentro de la operación.

La *Figura 2.8* muestra la Opción 2 de Layout de 500 m² en donde se puede visualizar la ampliación del taller en cuanto al área para todas las operaciones, vestidores y el área de almacenamiento. Ambas opciones cumplen con lo requerido de pasillos de 2 m para la circulación de un montacargas manual. La distancia de 1.5 m entre las tronadoras de metal es para circulación de personas y material, mas no para el montacargas manual, así mismo la distancia de 1 m entre el área de almacenamiento y la cizalla y tronadora es para halar el material desde la percha de almacenamiento, por lo cual no se requiere que sea de 2 m.

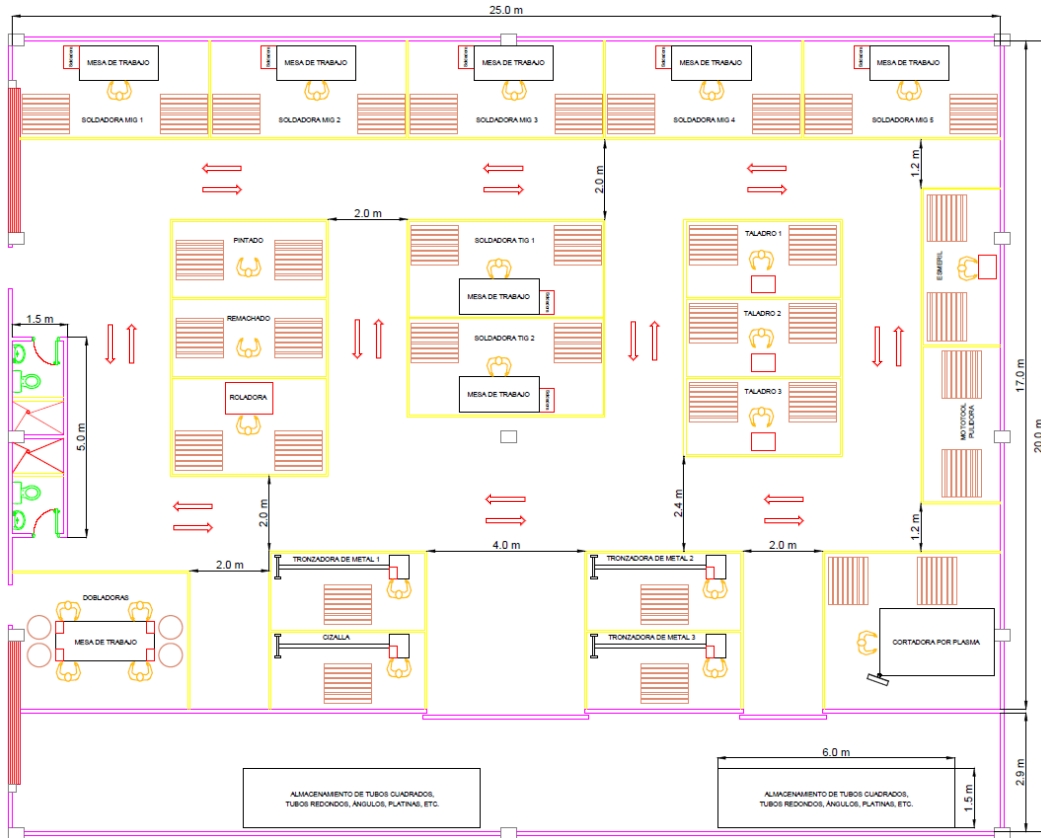


Figura 2.7 Opción 1 de Layout realizado en AutoCAD de 425 m². Fuente: Autor.

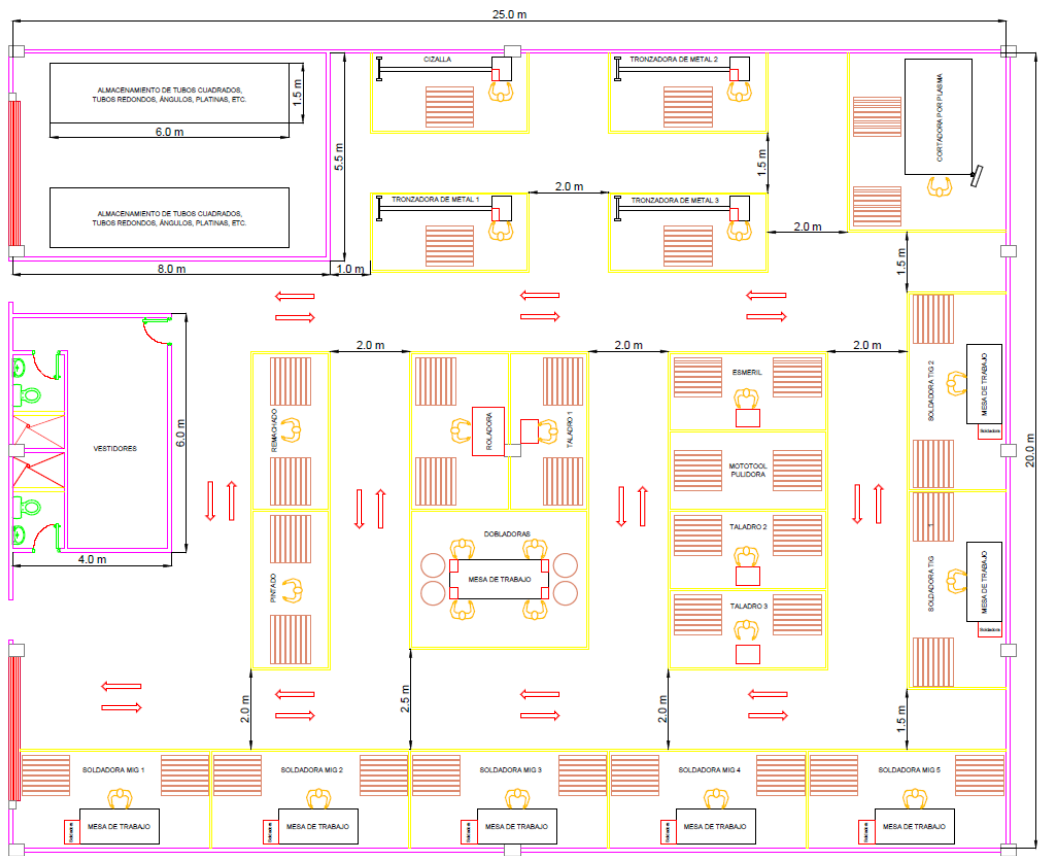


Figura 2.8 Opción 2 de Layout realizado en AutoCAD de 500 m². Fuente: Autor.

2.2. Evaluación de Alternativas

Por último, se procedió a realizar la **evaluación de alternativas de distribución de equipos**, la cual consistió en tres tipos de evaluaciones:

- La primera evaluación se realizó en base al criterio de la mínima distancia cuya función objetivo es maximizar la contigüidad, para lo cual primero se identificó con "1" si las operaciones de Taller Metalmecánico eran adyacentes y si eran no adyacentes se colocó el "0". Luego se multiplicó el valor de la interacción entre operaciones con "1" y se realizó la sumatoria sin incluir las operaciones no adyacentes, tal como se muestra en la *Tabla 2.8*.

Tabla 2.8 Evaluación de las opciones de Layout para 425 y 500 m².

OPCIÓN 1					OPCIÓN 2				
A	B	4859	1	4859	A	B	4859	1	4859
A	C	5613	1	5613	A	C	5613	1	5613
A	D	1061	1	1061	A	D	1061	0	0
A	E	2419	1	2419	A	E	2419	1	2419
A	F		0	0	A	F		0	0
A	G	13842	1	13842	A	G	13842	1	13842
A	H		0	0	A	H		1	0
B	C	1308	1	1308	B	C	1308	1	1308
B	D	387	0	0	B	D	387	1	387
B	E		0	0	B	E		1	0
B	F		0	0	B	F		0	0
B	G	3916	1	3916	B	G	3916	1	3916
B	H	387	0	0	B	H	387	0	0
C	D		0	0	C	D		1	0
C	E		0	0	C	E		0	0
C	F		0	0	C	F		0	0
C	G	2526	1	2526	C	G	2526	1	2526
C	H		0	0	C	H		0	0
D	E		1	0	D	E		1	0
D	F		0	0	D	F		1	0
D	G	294	0	0	D	G	294	1	294
D	H		0	0	D	H		1	0
E	F		0	0	E	F		1	0
E	G	841	1	841	E	G	841	0	0
E	H		1	0	E	H		1	0
F	G	1221	1	1221	F	G	1221	1	1221
F	H		1	0	F	H		1	0
G	H	149	1	149	G	H	149	0	0
TOTAL		38823		37755	TOTAL		38823		36385

Fuente: Autor.

- La segunda evaluación se la realizó en base la simulación realizada en FlexSim, para lo cual primero se definieron los siguientes recursos a ser utilizados:

Tabla 2.9 Recursos utilizados para las simulaciones en FlexSim.

Fixed Resources		
Source		Se colocó una fuente para crear los elementos de flujo a ser procesados para los 17 componentes tanto de acero ASTM A36 y de acero inoxidable AISI 304
Queue		Se colocaron varios queue, a la entrada y salida de una operación para que simule la cola que debe hacer el material antes y después de ser procesado.
Processor		Se colocaron 23 processors para representación de todas las operaciones en el taller, tales como, corte de cizalla, corte de tronzadora 1, 2 y 3, rolado, etc.
Sink		Se colocó el sink para la terminación de los elementos del flujo que están terminados en el modelo.
Task Executer		
Operator		Se colocaron 16 Operator que realizan las funciones de soldador y ayudante, así como también de transporte.
Dispatcher		Se colocó 1 Dispatcher para controlar a 2 operadores en las tareas de transporte del área de materia prima a las operaciones de taller.
Travel Networks		
Network Node		Se colocó varios network nodes para trazar el camino que debían seguir los operadores

Fuente: Autor.

Para la simulación de la Opción 1 y Opción 2 del Taller Metalmecánico se realizó una tabla resumen, *Tabla 2.10*, la cual muestra el tiempo en segundos que se toma cada operación en procesar.

Tabla 2.10 Resumen de los tiempos en segundos para cada proceso de las operaciones por componente metálico.

ÍTEM	PRODUCTO	CANTIDAD																							
			A - CIZALLA	A - TRONZADORA 1	A - TRONZADORA 2	A - TRONZADORA 3	A - CORTADORAPLASMA	B - TALADRO 1	B - TALADRO 2	B - TALADRO 3	C - ESMERIL	C - MOTOTOOL PULIDORA	D	E	F	G - MIG 1	G - MIG 2	G - MIG 3	G - MIG 4	G - MIG 5	G - TIG 1	G - TIG 2	H		
1	SOPORTE DE FLOTADORES (ARAÑA)	800	8	34	16	17		27					21	28		30	25	80							
2	TUBO CUADRADO 2 M	800		22						102															
3	TUBO ESTRUCTURAL 1,68 M	1600			18							20													
4	ANILLO SUPERIOR	400	2,5		16			27	65		12	11	13	80					115	10					
5	PLATINA LISA SOPORTE DE TOLVA	1600	3,5										14												
6	FALDÓN	400	40				180					30	13	162		131	120								
7	POSTE ALIMENTADOR 2 M	400	15	33	22		133	100	76								172	225	25						
8	CAMA ALIMENTADOR 1 X 2 M	400				45	133									228	45								
9	PLATINA EN V	800	4							15	45														
10	PÚAS ANTIPÁJAROS 2 M	400	5					396					14											330	
11	SOPORTE PARA CAJA PL	400	12	30													90	90	90						
12	CAMA PARA PANEL 1 X 2 M	80			50	10	180		120														640	480	
13	POSTE SF200 INALÁMBRICO 1 CAÍDA	80	12	30	15		465			100					250							600	844		
14	SOPORTE INOX. PARA CAJA PL	80	15			30								150								120	65		
15	SOMBRERO CHINO	400	6				71															40	160	90	
16	PROTECTOR DE SPINNER	400										60										53			
17	BASE DE FUNDIR	80	25				188							480	80										

Fuente: Autor.

Para la creación de estos datos en FlexSim, se añadió una nueva Global Table en Toolbox para cada procesador (cizalla, tronzadoras de metal 1, 2 y 3, cortadora por plasma, dobladoras 1, 2 y 3, taladro 1, 2 y 3, esmeril, mototool/pulidora, MIG 1, 2, 3, 4 y 5, TIG 1 y 2, pintado y remachado) a la cual se le agregó 2 columnas y 17 filas para cada componente, tal como se muestra a continuación:

Properties		LABEL		TIEMPO	
Table		Row 1	1	34	
A TRONZADORA 1		Row 2	2	22	
Rows	Columns	Row 3	3	0	
17	2	Row 4	4	0	
<input type="checkbox"/> Use Bundle		Row 5	5	0	
On Reset		Row 6	6	0	
Go To Row	Column	Row 7	7	33	
Description		Row 8	8	0	
		Row 9	9	0	
		Row 10	10	0	
		Row 11	11	30	
		Row 12	12	0	
		Row 13	13	30	
		Row 14	14	0	
		Row 15	15	0	
		Row 16	16	0	
		Row 17	17	0	

Figura 2.9 Global Table en FlexSim sobre la operación: A TRONZADORA 1. Fuente: FlexSim.

Luego en cada Processor, en la pestaña de Process Time se procedió a llamar la respectiva Global Table para la Tronzadora de metal 1 y se configuró también el Setup Time para el caso en que cambie el componente a procesar (dependiendo de la etiqueta, en este caso MP) o en el caso de que cambie un ítem de la misma etiqueta.

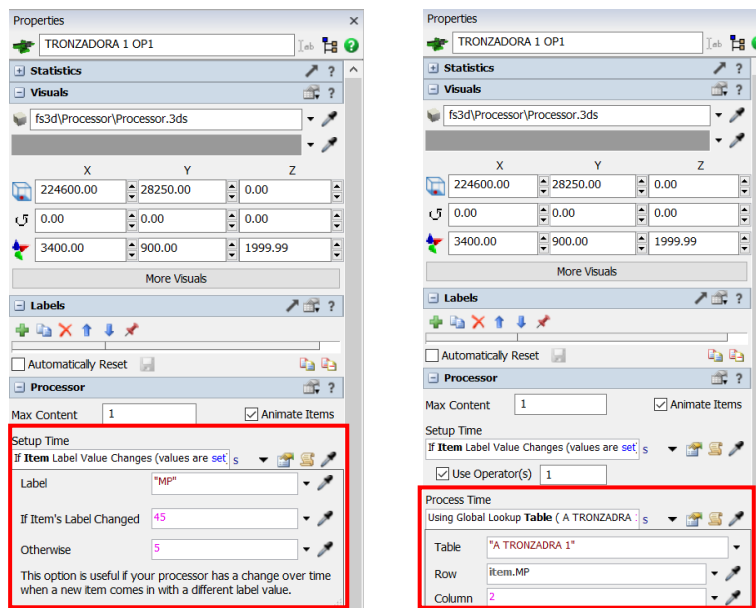


Figura 2.10 Configuración en FlexSim del Processor de la Tronzadora de metal 1.
Fuente: FlexSim.

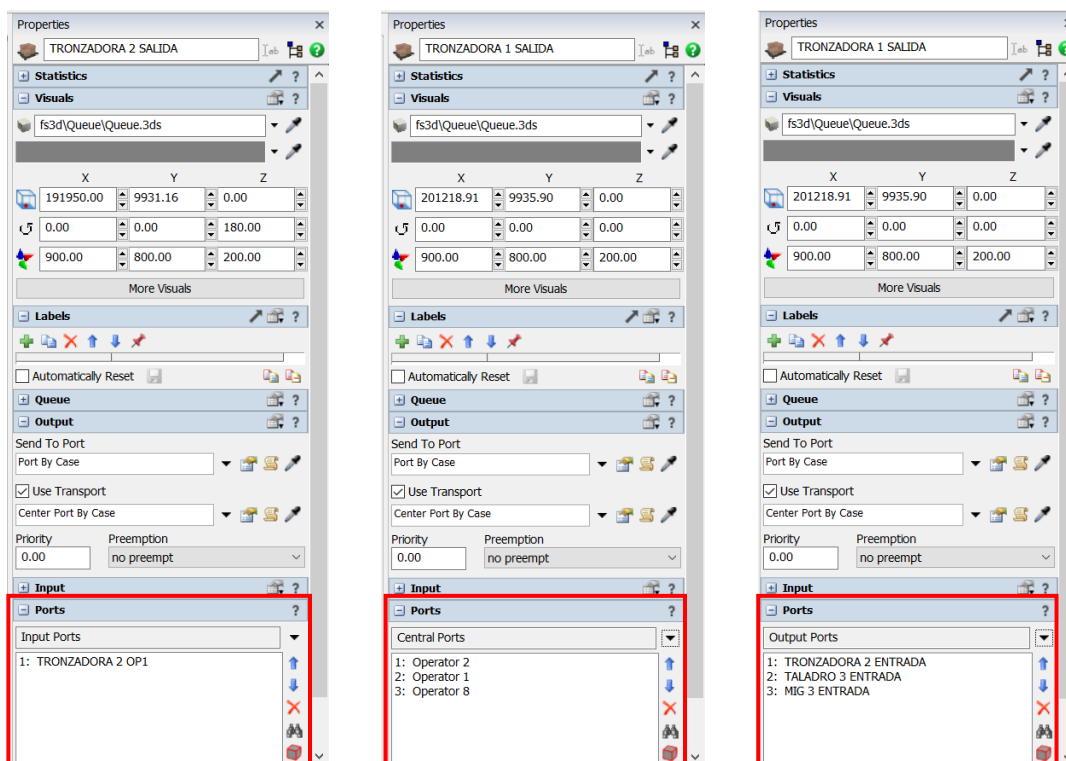


Figura 2.11 Conexiones centrales y a la salida del Queue de la salida de la Tronzadora de metal 1. Fuente: FlexSim.

Se realizó la conexión del Queue de la salida de la Tronzadora de metal 1 según el proceso que se realiza en el Taller Metalmecánico (*Figura 2.11*) y se lo configuró en la pestaña de Output y Send to Port de tal manera que para el componente metálico de etiqueta MP 2 (Tubo cuadrado 2 m) vaya al puerto 1 (Tronzadora de metal 2) y así mismo se configuró el transporte para que este lo lleve el puerto 1 (Operador 2) tal y como se observa en la *Figura 2.12*.

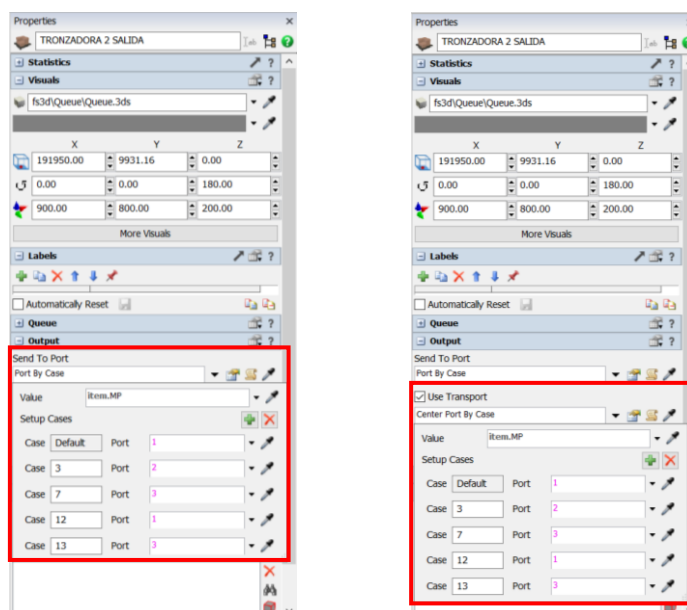


Figura 2.12 Configuración en FlexSim del Output del Queue de la salida de la Tronzadora de metal 1. Fuente: FlexSim.

En los lienzos de las simulaciones de la Opción 1 y Opción 2 del Taller Metalmecánico se insertaron los layouts realizados en AutoCAD, para que de esta manera se pueda visualizar el taller con mayor detalle, para esto también se agregaron paredes y columnas en FlexSim, las *Figuras 2.13* y *2.14*, muestran las 2 diferentes simulaciones realizadas.

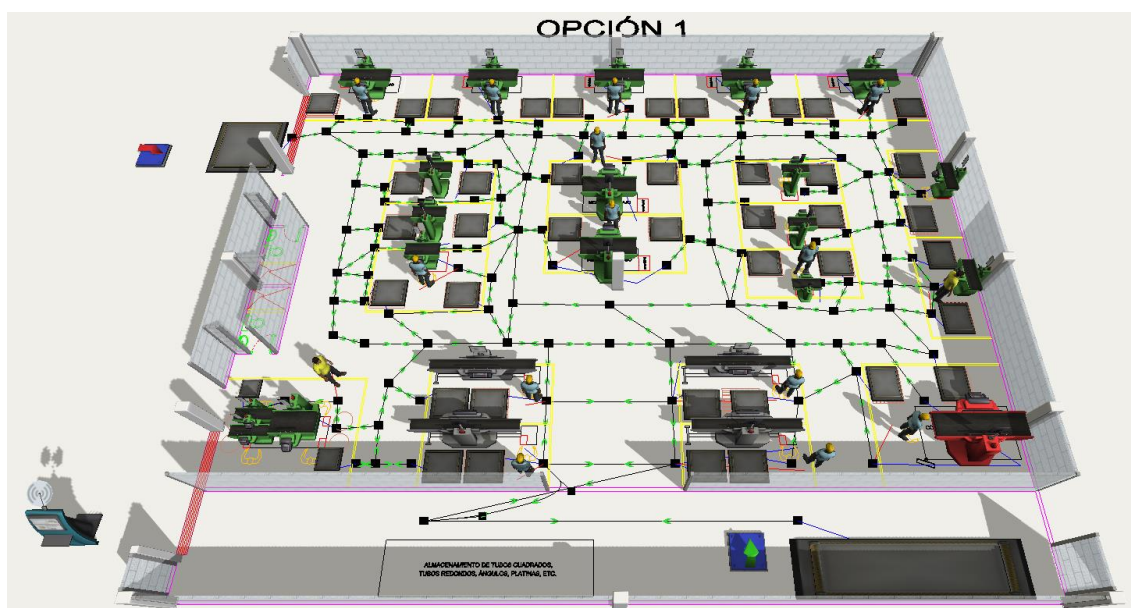


Figura 2.13 Simulación en FlexSim de la Opción 1 de 425 m² de Taller Metalmecánico. Fuente: FlexSim.

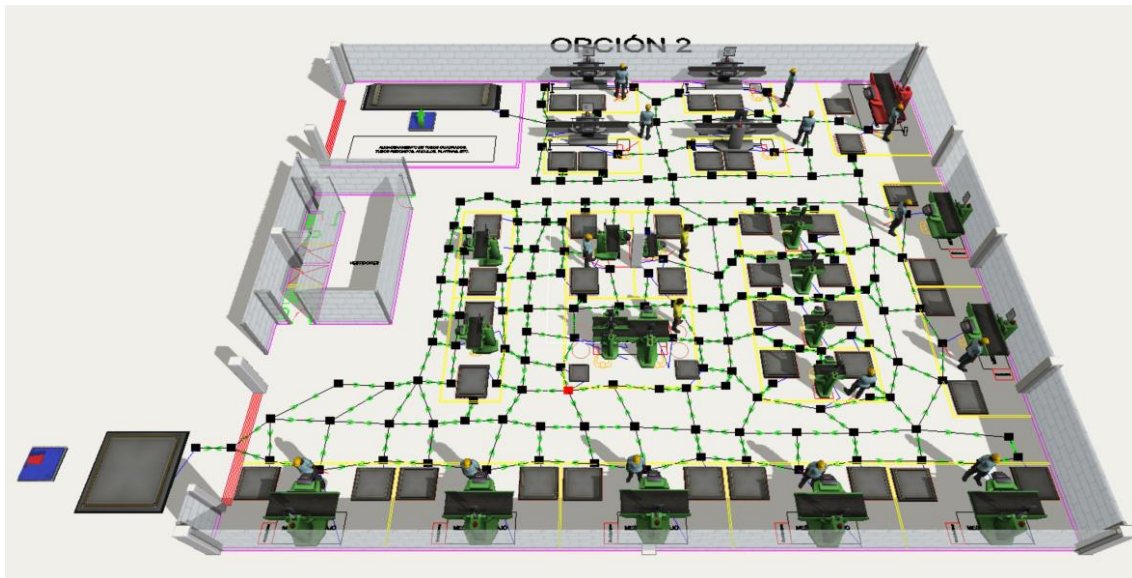


Figura 2.14 Simulación en FlexSim de la Opción 2 de 500 m² de Taller Metalmecánico.
Fuente: FlexSim.

- La tercera evaluación que se realizó fue el costo que tendría la implementación de las Opciones 1 y 2, para lo cual se consideró los siguientes trabajos a realizar:

Tabla 2.11 Trabajos a realizar para Opciones 1 y 2.

Opción 1	Opción 2
Conexiones eléctricas	Conexiones eléctricas
Reubicación para pared divisoria	Obra civil para vestidores
Puerta corrediza de pared divisoria	Obra civil para área de almacenamiento (puertas corredizas)
Obra civil orden interno (pintura para delimitación de operaciones)	Obra civil orden interno (pintura para delimitación de operaciones)

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1. Resultados de las Evaluaciones de Alternativas

De acuerdo con la **evaluación de alternativas de distribución de equipos** realizada en el CAPÍTULO 2, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para la primera evaluación, realizada en base a la Metodología SLP, en la sumatoria entre operaciones se obtuvo el valor de 38.823. Para la Opción 1 de 425 m² se obtuvo el valor de 37.755, mientras que para la Opción 2 de 500 m² se obtuvo el valor de 36.385. Se calcularon las eficiencias, dando como resultado que la eficiencia de la Opción 1 es mayor en 3.53% que la eficiencia de la Opción 2.

$$Eficiencia\ 1 = \frac{37755}{38823} \times 100 = 97,25\% \quad Eficiencia\ 2 = \frac{36385}{38823} \times 100 = 93,72\%$$

- La segunda evaluación se la realizó con los datos obtenidos de las simulaciones realizadas en FlexSim para la Opción 1 de 425 m² y Opción 2 de 500 m² del Taller Metalmecánico. La *Tabla 3.1* muestra la comparación de los tiempos resultantes en que en cada simulación se procesaron los 17 componentes metálicos. Los datos para la Situación Actual del taller, se los obtuvo en base al trabajo realizado en el mes de Julio (22 días de los cuales: 12 días se laboraron en una jornada de 8 horas y 10 días se laboraron con sobretiempo en una jornada de 12 horas, es decir 27 días en una jornada de 8 horas).

Tabla 3.1. Tiempos resultantes de las Simulaciones en FlexSim para las Opciones 1 y 2 del Taller Metalmecánico.

Opciones \ Tiempo	Lead Time (segundos)	Lead Time (días)
Situación Actual	777600,00	27,00
Opción 1 (425 m ²)	714637,17	24,81
Opción 2 (500 m ²)	631721,36	21,93

Fuente: Autor.

Se observa que el Lead Time del proceso disminuye notoriamente para la Opción 2 de acuerdo con el ordenamiento de las máquinas en la propuesta de diseño mostrada en el *CAPÍTULO 2*, ya que al tener la materia prima dentro del Taller Metalmecánico y cerca de la operación de Corte, se disminuye el recorrido que realizan los operadores. Cabe mencionar que en las 2 simulaciones de las Opciones 1 y 2 se utilizaron los mismos tiempos para cada operación, mostrados en la *Tabla 2.10* del *CAPÍTULO 2*.

- La tercera evaluación realizada con respecto a los costos de implementación para cada opción se muestra en el *ANEXO D*. Los trabajos a realizar para la implementación de la Opción 1 tendría un costo de \$1.691,26 mientras que la Opción 2 tendría un costo de \$3.560,82.

3.2. Análisis Financiero

Para la realización del análisis financiero se consideró la siguiente información brindada por la Compañía:

- Mensualmente se venden 400 estructuras metálicas de acero ASTM A36 y 80 estructuras metálicas de acero inoxidable AISI 304. El precio de venta es de \$400 y \$200 respectivamente.
- El costo de materia prima es de \$121,11 y \$112,11 respectivamente y se considera un incremento anual del 2% en base al comportamiento de las compras de acero en los últimos años. En el *ANEXO E* se observa el costo por cada componente.
- La mano de obra directa para la producción en la Situación Actual, Opción 1 y Opción 2 es de \$12.066, \$10.122 y \$9.636 por mes, obtenido por los días laborados de acuerdo con las simulaciones de las Opciones 1 y 2 realizadas en FlexSim.
- El consumo de energía es de \$1.200 mensuales, los gastos de ventas y administrativos es el 5% de las ventas con un incremento anual del 3%.
- Gastos generales y la depreciación anual que considera la Compañía es de \$24.000 y \$10.690 respectivamente.
- El alquiler es de \$5.5 por m², es decir de \$33.000 anual.
- El costo por implementación es de \$1.691,26 para la Opción 1 y de \$3.560,82 para la Opción 2.

Se realizaron 3 análisis financieros, mostrados en las *Figuras 3.2, 3.3 y 3.4* a continuación:

Tabla 3.2. Flujo de Caja de la Situación Actual del Taller Metalmecánico.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) Ventas/Ingresos		2.112.000,00	2.154.240,00	2.197.324,80	2.241.271,30	2.286.096,72
(-) Costo de Ventas		848.145,60	861.924,67	875.979,33	890.315,07	904.937,53
Materia Prima		688.953,60	702.732,67	716.787,33	731.123,07	745.745,53
Mano de obra directa		144.792,00	144.792,00	144.792,00	144.792,00	144.792,00
Costos indirectos de fabricación (Energía)		14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00
(=) Utilidad Bruta		1.263.854,40	1.292.315,33	1.321.345,47	1.350.956,22	1.381.159,19
(-) Gastos Operacionales		173.290,00	176.458,00	179.721,04	183.081,97	186.543,73
Gastos de Ventas y Administración		105.600,00	108.768,00	112.031,04	115.391,97	118.853,73
Gastos generales		24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00
Alquiler		33.000,00	33.000,00	33.000,00	33.000,00	33.000,00
Depreciación Maquinaria		10.690,00	10.690,00	10.690,00	10.690,00	10.690,00
(=) Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores		1.090.564,40	1.115.857,33	1.141.624,43	1.167.874,25	1.194.615,46
(-) Participación trabajadores (15%)		163.584,66	167.378,60	171.243,67	175.181,14	179.192,32
(=) Utilidad antes de impuestos		926.979,74	948.478,73	970.380,77	992.693,11	1.015.423,14
(-) I.R. (25%)		231.744,94	237.119,68	242.595,19	248.173,28	253.855,78
(=) Utilidad Neta		695.234,81	711.359,05	727.785,58	744.519,84	761.567,35
(+) Depreciaciones		10.690,00	10.690,00	10.690,00	10.690,00	10.690,00
(=) Flujo de Caja		705.924,81	722.049,05	738.475,58	755.209,84	772.257,35

Fuente: Autor.

El flujo de caja realizado para la Situación Actual del Taller Metalmecánico, se consideró el costo de mano de obra con sobretiempo, es decir 22 días de los cuales 2 semanas se hizo sobretiempo de 4 horas adicionales a su jornada normal. Mensualmente el costo es de \$12.066 y anualmente el costo sería de \$144.792.

Tabla 3.3. Flujo de Caja de la Opción 1 de 425 m² del Taller Metalmecánico.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) Ventas/Ingresos		2.112.000,00	2.154.240,00	2.197.324,80	2.241.271,30	2.286.096,72
(-) Costo de Ventas		824.817,60	838.596,67	852.651,33	866.987,07	881.609,53
Materia Prima		688.953,60	702.732,67	716.787,33	731.123,07	745.745,53
Mano de obra directa		121.464,00	121.464,00	121.464,00	121.464,00	121.464,00
Costos indirectos de fabricación (Energía)		14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00
(=) Utilidad Bruta		1.287.182,40	1.315.643,33	1.344.673,47	1.374.284,22	1.404.487,19
(-) Gastos Operacionales		173.628,25	176.796,25	180.059,29	183.420,22	186.881,98
Gastos de Ventas y Administración		105.600,00	108.768,00	112.031,04	115.391,97	118.853,73
Gastos generales		24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00
Alquiler		33.000,00	33.000,00	33.000,00	33.000,00	33.000,00
Depreciación Maquinaria		11.028,25	11.028,25	11.028,25	11.028,25	11.028,25
(=) Utilidad operacional/Utilidad Operativa		1.113.554,15	1.138.847,08	1.164.614,18	1.190.864,00	1.217.605,21
(=) Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores		1.113.554,15	1.138.847,08	1.164.614,18	1.190.864,00	1.217.605,21
(-) Participación trabajadores (15%)		167.033,12	170.827,06	174.692,13	178.629,60	182.640,78
(=) Utilidad antes de impuestos		946.521,03	968.020,01	989.922,06	1.012.234,40	1.034.964,43
(-) I.R. (25%)		236.630,26	242.005,00	247.480,51	253.058,60	258.741,11
(=) Utilidad Neta		709.890,77	726.015,01	742.441,54	759.175,80	776.223,32
(+) Depreciaciones		11.028,25	11.028,25	11.028,25	11.028,25	11.028,25
(=) Flujo de Caja		720.919,02	737.043,26	753.469,79	770.204,05	787.251,57

Fuente: Autor.

Para el flujo de caja de la Opción 1 de 425 m² del Taller Metalmecánico se consideraron los días obtenidos de la simulación realizada en FlexSim, es decir 22 días de los cuales 2 días se hizo sobretiempo de 4 horas adicionales a su jornada normal. Mensualmente el costo es de \$10.122 y anualmente el costo sería de \$121.464.

Tabla 3.4. Flujo de Caja de la Opción 2 de 500 m² del Taller Metalmecánico.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) Ventas/Ingresos		2.112.000,00	2.154.240,00	2.197.324,80	2.241.271,30	2.286.096,72
(-) Costo de Ventas		818.985,60	832.764,67	846.819,33	861.155,07	875.777,53
Materia Prima		688.953,60	702.732,67	716.787,33	731.123,07	745.745,53
Mano de obra directa		115.632,00	115.632,00	115.632,00	115.632,00	115.632,00
Costos indirectos de fabricación (Energía)		14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00
(=) Utilidad Bruta		1.293.014,40	1.321.475,33	1.350.505,47	1.380.116,22	1.410.319,19
(-) Gastos Operacionales		174.002,16	177.170,16	180.433,20	183.794,14	187.255,89
Gastos de Ventas y Administración		105.600,00	108.768,00	112.031,04	115.391,97	118.853,73
Gastos generales		24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00
Alquiler		33.000,00	33.000,00	33.000,00	33.000,00	33.000,00
Depreciación Maquinaria		11.402,16	11.402,16	11.402,16	11.402,16	11.402,16
(=) Utilidad operacional/Utilidad Operativa		1.119.012,24	1.144.305,16	1.170.072,27	1.196.322,09	1.223.063,29
(=) Utilidad antes impuestos y part. Trabajadores		1.119.012,24	1.144.305,16	1.170.072,27	1.196.322,09	1.223.063,29
(-) Participación trabajadores (15%)		167.851,84	171.645,77	175.510,84	179.448,31	183.459,49
(=) Utilidad antes de impuestos		951.160,40	972.659,39	994.561,43	1.016.873,78	1.039.603,80
(-) I.R. (25%)		237.790,10	243.164,85	248.640,36	254.218,44	259.900,95
(=) Utilidad Neta		713.370,30	729.494,54	745.921,07	762.655,33	779.702,85
(+) Depreciaciones		11.402,16	11.402,16	11.402,16	11.402,16	11.402,16
(=) Flujo de Caja		724.772,46	740.896,71	757.323,24	774.057,50	791.105,01

Fuente: Autor.

Para el flujo de caja de la Opción 2 de 500 m² del Taller Metalmecánico se consideraron los días obtenidos de la simulación realizada en FlexSim, es decir 22 días de su jornada normal. Mensualmente el costo es de \$9.636 y anualmente el costo sería de \$115.632.

La *Tabla 3.5* muestra el resumen de los Flujos de Caja y la diferencia entre las Opciones 1 y 2 y la Situación Actual. Se puede observar que el ahorro obtenido en el costo de mano de obra en la Opción 1 de 425 m² es de \$14.994,22 anuales, mientras que el ahorro obtenido en la Opción 2 de 500 m² es de \$18.847,66.

Tabla 3.5. Resumen de Flujos de Caja y Diferencia entre las Opciones 1 y 2 y la Situación Actual.

Resumen de Flujos de Caja						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(=) Flujo de Caja: Situación Actual		705.924,81	722.049,05	738.475,58	755.209,84	772.257,35
(=) Flujo de Caja: Opción 1 (425 m2)		720.919,02	737.043,26	753.469,79	770.204,05	787.251,57
(=) Flujo de Caja: Opción 2 (500 m2)		724.772,46	740.896,71	757.323,24	774.057,50	791.105,01

Diferencia del Flujo de Caja entre las Opciones 1 y 2 y la Situación Actual						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Opción 1 (425 m2) - Situación Actual		14.994,22	14.994,22	14.994,22	14.994,22	14.994,22
Opción 2 (500 m2)- Situación Actual		18.847,66	18.847,66	18.847,66	18.847,66	18.847,66

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. El proceso de producción realizado actualmente en el Taller Metalmecánico tiene una ineficiente circulación de personas y de material lo cual genera aumento en el lead time de producción y aumento en el costo de mano de obra.
2. Mediante un Diagrama OTIDA se analizó el flujo de proceso realizado en la actualidad en el Taller para cada componente metálico de las 2 diferentes estructuras de acero ASTM A36 y de acero inoxidable AISI 304, así como también se determinó tiempos y distancias recorridas para cada operación. Esta información recolectada se utilizó como guía para la elaboración de las 2 propuestas de rediseño.
3. Se agrupó todos los equipos y herramientas de acuerdo con su tecnología (Corte, Pulido, Perforado, Doblado, Rolado Pintado, Soldado y Remachado) y se presentaron 2 opciones de Layout basado en un Sistema de Producción Flow Shop para componentes con procesos estandarizados, siguiendo los 7 pasos de la metodología Systematic Layout Planing.
4. De acuerdo con las 3 evaluaciones de alternativas de distribución de las operaciones; la primera evaluación realizada por el criterio de la mínima distancia en la metodología SLP para las 2 propuestas de rediseño de Taller Metalmecánico, la Opción 1 de 425 m² obtuvo mayor porcentaje de eficiencia (97,25%) en comparación con la Opción 2 de 500 m² (93,72%). En la segunda evaluación realizada en el programa de simulación FlexSim se demostró que toda la demanda de producción, la Opción 1 la podría realizar en 24,81 días a diferencia de la Opción 2 que la podría realizar en 21,93 días. Para la evaluación por costo de implementación se obtuvo que los cambios a realizar de obra civil y conexiones eléctricas eran menores para la Opción 1 con un costo total de \$1.691,26, mientras que para la Opción 2 tenía un costo mayor de \$3.560,82
5. Por medio del análisis financiero realizado para las Opciones 1 y 2 de rediseño, se obtuvo que la Opción 2 presenta un mayor ahorro anual por costo de mano de obra de \$18.847,66, a diferencia de la Opción 1 de \$14.994,22.
6. El rediseño planteado del Layout de la Opción 2 de 500 m² del Taller Metalmecánico cumple con los objetivos planteados de este proyecto, ya que se genera un orden lógico de las operaciones en base a la Metodología SLP según el Sistema de Producción Flow Shop y se reduce el lead time de producción reflejado en la simulación de FlexSim, lo que a su vez reduce el costo de mano de obra como consecuencia de que los colaboradores laboren su jornada normal sin sobretiempo.

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda orientar el rediseño de las operaciones del Taller Metalmecánico al proceso productivo Flow Shop, dado que el flujo dentro del taller es bastante flexible y por componente metálico mantiene la misma secuencia estandarizada.
2. Es de vital importancia seguir todos los 7 pasos de la metodología SLP para el conocimiento y análisis de los productos y relaciones entre operaciones, así como el planteamiento de 2 opciones de layout para el rediseño del taller.
3. Para la elección de la mejor opción de layout es recomendable realizar 3 tipos de evaluaciones, tales como la evaluación de la metodología SLP basada en el criterio de la mínima distancia, la evaluación dada por la simulación del proceso en un programa de simulación FlexSim y una evaluación por costo de implementación, para de esta manera elegir la opción de rediseño que presente un mejor beneficio.
4. Dado que el proceso de producción realizado en el Taller Metalmecánico tiene diferentes transformaciones para cada materia prima de cada componente metálico manufacturado, los volúmenes manejados para la producción mensual son exuberantes y existen diferentes interacciones entre operadores (operadores que realizan la operación, el set-up y también transportan productos semiprocesados a las diferentes operaciones del taller), se recomienda simplificar el modelo de simulación en FlexSim utilizando solo procesadores, no importar 3D objects para usarlos como Flow-items, agrupar los tiempos de procesamiento según su operación para los 17 componentes metálicos; de esta manera el software no presentará demoras ni cierres inesperados.

BIBLIOGRAFÍA

- Galindo Álvarez, A. M., & Tapia, M. (2008). SPL: Una forma sencilla de analizar la distribución física de su fábrica. *Ingeniería Industrial Vol. XXIX/No2/2008*.
- Leks, D., & Gwiazda, A. (2015). Application of FlexSim for modelling and simulation of the production process. *Institute of Engineering Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems*, 51-56.
- Ruiz, R., & Vásquez-Rodríguez, J. A. (2010). The hybrid flow shop scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 1-18.
- Enrique Yacuzzi, D. P. (2009). *Diseño de un Layout de Planta: Marmicoc Argentina S.A.* Buenos Aires: Ucema.
- Moran, S. (2019). *An Applied Guide to Process and Plant Design*. Elsevier.
- Muther, R. (1970). *Practical Plant Layout*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Naik, S. B. (2016). *A LITERATURE REVIEW ON EFFICIENT PLANT LAYOUT DESIGN*. International Journal of Industrial Engineering Research and Development (IJIERD), 43-51.

ANEXOS

ANEXO A: OTIDA

Tabla 5.1 Diagrama de proceso OTIDA: Soporte de Flotadores (Araña).

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	SOPORTE DE FLOTADORES (ARAÑA)			Operación			Imagen: 	N°	Diagrama:		
Inicia:	Almacén de materia prima			Transporte o despalazamiento							
Termina:	Almacén de producto terminado			Inspección o revisión							
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra			Demora o espera							
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021			Almacenamiento o archivo			Distancia (m)	Tiempo (s)	Producción: 800 und		
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		160	X				44,00	420,00		
2	Preparación de cizalla para cortes de 12 cm		-				X	-	25,00		
3	Corte de varilla en 12 cm		8000	X				-	20.000,00		
4	Preparación de matriz de doblado de modelo 1		-				X	-	50,00		
5	Doblado de varilla modelo 1		1600	X				-	24.000,00		
6	Almacenado en pallet para ser soldado		1600		X			-	-		
7	Preparación de matriz de doblado de modelo 2		-				X	-	50,00		
8	Doblado de varilla modelo 2		6400	X				-	38.400,00		
9	Almacenado en pallet para ser soldado		6400		X			-	-		
10	Traslado de materia prima		54	X				44,00	600,00		
11	Preparación de cizalla para cortes de 5 cm		-				X	-	20,00		
12	Corte de platina en 5 cm		6400	X				-	19.200,00		
13	Almacenado en pallet para ser soldado		6400		X			-	-		
14	Traslado de materia prima		267	X				20,00	1.320,00		
15	Preparación de tronzadora para cortes de 50 cm		-				X	-	50,00		
16	Corte de perfil en 50 cm		3200	X				-	51.200,00		
17	Almacenado en pallet para ser rolado		3200		X			-	-		
18	Traslado de perfil cortado a roladora		3200	X				15,00	200,00		
19	Preparación de roladora		-				X	-	180,00		
20	Rolado de perfil de 50 cm		3200	X				-	89.600,00		
21	Almacenado en pallet para ser soldado		3200		X			-	-		
22	Traslado de varilla modelo 1 a soldadora MIG		6400	X				19,00	75,00		
23	Traslado de perfil rolado a soldadora MIG		3200	X				3,00	200,00		
24	Preparación de soldadora MIG		-				X	-	60,00		
25	Soldado de varilla modelo 2 con el perfil rolado		3200	X				-	96.000,00		
26	Almacenado en pallet para soldar platina de 5 cm		3200		X			-	-		
27	Traslado de materia prima		54	X				20,00	960,00		
28	Preparación de tronzadora para cortes sesgados de 10 cm		-				X	-	50,00		
29	Corte de tubo sesgado en 10 cm		1600	X				-	27.200,00		
30	Almacenado en pallet para ser pulido		1600		X			-	-		
31	Traslado de tubos sesgados a esmeril		1600	X				24,00	400,00		
32	Preparación de esmeril		-				X	-	15,00		
33	Pulido de tubos sesgados		1600	X				-	24.000,00		
34	Almacenado en pallet para ser soldado		1600		X			-	-		
35	Preparación de tronzadora para cortes rectos de 7 cm		-				X	-	35,00		
36	Corte de tubo recto en 7 cm		1600	X				-	19.200,00		
37	Almacenado en pallet para ser pulido		1600		X			-	-		
38	Traslado de tubos rectos a esmeril		1600					24,00	400,00		
39	Preparación de esmeril		1600					-	15,00		
40	Pulido de tubos rectos		1600					-	19.200,00		
41	Traslado de tubo recto a taladro de pedestal		1600	X				3,50	60,00		
42	Preparación de taladro		-				X	-	60,00		
43	Perforación de tubo recto		1600	X				-	43.200,00		
44	Almacenado en pallet para ser soldado		1600		X			-	-		
45	Traslado de materia prima		400	X				25,00	3.180,00		
46	Preparación de tronzadora para cortes de 3 m		-				X	-	35,00		
47	Corte de tubo cuadrado a 3 m		800	X				-	17.600,00		
48	Almacenado en pallet para ser soldado		800		X			-	-		
49	Traslado de platinas de 5 cm a soldadora MIG		6400	X				2,50	60,00		
50	Traslado de tubos cuadrados de 3 m a soldadora MIG		800	X				6,00	7.200,00	No se traslada todo sino uno por uno al momento de soldar	
51	Preparación de soldadora MIG		-				X	-	60,00		
52	Soldado de platinas en tubo cuadrado		800	X				-	20.000,00		
53	Almacenado en pallet para soldar		800		X			-	-		
54	Traslado de tubos sesgados de 10 cm a soldadora MIG		1600	X				13,50	75,00		
55	Traslado de tubos cuadrados con platinas de 5 cm a soldadora MIG		800	X				8,50	900,00		
56	Preparación de soldadora MIG		-				X	-	60,00		
57	Soldado de tubos sesgados.		800	X				-	40.000,00		
58	Almacenado en pallet para ser soldado		800		X			-	-		
59	Traslado de tubo recto de 10 cm a soldadora MIG		1600	X				6,00	50,00		
60	Traslado de varilla modelo 1 a soldadora MIG		1600	X				7,00	50,00		
61	Traslado de tubos cuadrados con platinas de 5 cm y tubo sesgado a soldadora MIG		800	X				2,50	7.200,00	No se traslada todo sino uno por uno al momento de soldar	
62	Preparación de soldadora MIG		-				X	-	60,00		
63	Soldado de tubo recto		800	X				-	40.000,00		
64	Soldado de varilla modelo 1		800	X				-	24.000,00		
65	Almacenado en pallet para ser soldado		800		X			-	-		
66	Traslado de perfil rolado con varilla modelo 2		3200	X				9,00	600,00		
67	Traslado de tubos cuadrados con platinas de 5 cm, tubo sesgado, tubo recto y varilla modelo 1 a soldadora MIG		800	X				5,00	7.200,00		
68	Preparación de soldadora MIG		-				X	-	60,00		
69	Soldado final		800	X				-	64.000,00		
70	Traslado de producto terminado		800	X				14,00	-		
71	Producto terminado apilado en pallets		800				X	-	-		
TOTAL				17	21	14	16	1	315,50	708.835,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.2 Diagrama de proceso OTIDA: Tubo Cuadrado 2 m.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA												
Producto:	TUBO CUADRADO 2 M		Operación	Imagen:		N°	Diagrama:	002	Producción: 800 und			
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento									
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión									
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera									
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo									
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones	
1	Traslado de materia prima		267		X				25,00	2.100,00		
2	Preparación de tronzo para cortes de 2 m		-					X		-	35,00	
3	Corte de tubo cuadrado a 2 m		800	X						-	17.600,00	
4	Almacenado en pallet para ser perforado		800				X			-	-	
5	Traslado de tubo cuadrado a taladro de pedestal 1		800		X				15,00	720,00		
6	Preparación de taladro 1		-					X		-	60,00	
7	Perforación en las esquinas de tubo cuadrado de 2 m		800	X						-	43.200,00	
8	Almacenado en pallet para ser perforado		800				X			-	-	
9	Traslado de tubo cuadrado a taladro de pedestal 2		800		X				2,00	7.200,00		
10	Preparación de taladro 2		-					X		-	60,00	
11	Perforación en el centro de tubo cuadrado de 2 m		800	X						-	38.400,00	
12	Traslado de producto terminado		800		X				22,00	300,00		
13	Producto terminado apilado en pallets		800							-	-	
TOTAL			3	4	2	3	1	64,00	109.675,00			

Fuente: Autor.

Tabla 5.3 Diagrama de proceso OTIDA: Tubo Estructural 1.68 m

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA												
Producto:	TUBO ESTRUCTURAL 1,68 M		Operación	Imagen:		N°	Diagrama:	003	Producción: 1600 und			
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento									
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión									
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera									
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo									
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones	
1	Traslado de materia prima		534		X				25,00	4.200,00		
2	Preparación de tronzo para cortes de 1,68 m		-					X		-	35,00	
3	Corte de tubo redondo a 1,68 m		1600	X						-	28.800,00	
4	Almacenado en pallet para pulido		1600				X			-	-	
5	Traslado de tubo redondo		1600		X				18,00	600,00		
6	Preparación de mototool		-					X		-	120,00	
7	Quitado de rebaba de tubo redondo de 1,68 m		1600	X						-	32.000,00	
8	Traslado de producto terminado		1600		X					-	-	
9	Producto terminado apilado en pallets		1600							-	-	
TOTAL			2	3	1	2	1	43,00	65.755,00			

Fuente: Autor.

Tabla 5.4 Diagrama de proceso OTIDA: Anillo Superior.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	ANILLO SUPERIOR		Operación			Imagen:					
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión								
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera								
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo			N°					
					Diagrama:	004	Producción: 400 und				
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	H/N - VARILLA REDONDA LISA 5,5 MM X 6 M		Traslado de materia prima	32	X				44,00	120,00	
2	Preparación de cizalla para cortes de 12 cm		-				X		-	25,00	
3	Corte de varilla en 12 cm		1600	X					-	4.000,00	
4	Preparación de matriz de doblado de modelo 3		-					X	-	50,00	
5	Doblado de varilla modelo 3		1600	X					-	20.800,00	
6	Almacenado en pallet para ser soldado		1600				X		-	-	
7	H/N - TUBO REDONDO 30 X 2 MM X 6 M (1-1/4" X 2 MM)		Traslado de materia prima	27	X				20,00	480,00	
8	Preparación de tronadora para cortes rectos de 10 cm		-				X		-	50,00	
9	Corte de tubo recto en 10 cm		1600	X					-	19.200,00	
10	Almacenado en pallet para ser pulido		1600			X			-	-	
11	Traslado de tubos rectos a esmeril		1600	X					24,00	400,00	
12	Preparación de esmeril		-					X	-	15,00	
13	Pulido de tubos rectos		1600	X					-	19.200,00	
14	Traslado de tubo recto a taladro de pedestal		1600	X					18,00	80,00	
15	Preparación de taladro		-					X	-	60,00	
16	Perforación de tubo recto		1600	X					-	43.200,00	
17	Almacenado en pallet para ser soldado	-				X		-	-		
18	H/N - PERFIL T 20 X 3 MM X 6 M (3/4" X 1/8")		Traslado de materia prima	200	X				46,00	1.080,00	
19	Preparación de roladora		-					X	-	180,00	
20	Rolado de perfil de 6 m		200	X					-	16.000,00	
21	Almacenado en pallet para ser cortado		200			X			-	-	
22	Traslado de perfiles a cizalla		200						3,50	800,00	
23	Preparación de cizalla para cortes de 3 m		-					X	-	25,00	
24	Corte de perfil en 3 m		400	X					-	1.600,00	
25	Almacenado en pallet para ser soldado		400			X			-	-	
26	Traslado de anillo a soldadora MIG		400	X					4,00	1.440,00	
27	Preparación de soldadora MIG		-					X	-	10,00	
28	Soldado de perfil rolado		400	X					-	4.000,00	
29	Almacenado en pallet para ser pulido		400			X			-	-	
30	Preparación de pulidora		-					X	-	60,00	
31	Pulido de perfil rolado		400	X					-	4.400,00	
32	Almacenado en pallet para ser perforado		400			X			-	-	
33	Traslado de anillo a taladro de pedestal		400	X					9,00	1.440,00	
34	Preparación de taladro de pedestal		-					X	-	60,00	
35	Perforado de anillo	400	X					-	26.000,00		
36	Almacenado en pallet para ser soldado	400			X			-	-		
37	Traslado de varillas de 12 cm a soldadora MIG	1600	X					8,50	39,00		
38	Traslado de tubos rectos de 10 cm a soldadora MIG	1600	X					3,50	45,00		
39	Traslado de anillo	400	X					9,00	12.000,00		
40	Preparación de soldadora MIG	-					X	-	60,00		
41	Soldado de varillas a perfil rolado	400	X					-	20.000,00		
42	Soldado de tubos rectos a perfil rolado con varillas	400	X					-	26.000,00		
43	Traslado de producto terminado	400	X					16,00	1.440,00		
44	Producto terminado apilado en pallets	400					X	-	-		
TOTAL				12	11	8	11	1	205,50	224.359,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.5 Diagrama de proceso OTIDA: Platina Lisa Soporte de Tolva.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	PLATINA LISA SOPORTE DE TOLVA		Operación			Imagen:					
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión								
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera								
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo			N°					
					Diagrama:	005	Producción: 1600 und				
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	H/N - PLATINA 12 X 3 MM X 6 M (1/2" X 1/8")		Traslado de materia prima	200	X				44,00	540,00	
2	Preparación de cizalla para cortes de 75 cm		-					X	-	30,00	
3	Corte de platina en 75 cm		1600	X					-	5.600,00	
4	Almacenado en pallet para ser doblado en las esquinas		1600			X			-	-	
5	Traslado de platinas para ser dobladas		1600	X					10,00	180,00	
6	Preparación de matriz de doblado de esquinas		-					X	-	45,00	
7	Doblado de platina en las esquinas		1600	X					-	12.800,00	
8	Almacenado en pallet para ser doblado en el centro		1600			X			-	-	
9	Traslado de platinas para ser dobladas		1600	X					1,00	2.400,00	
10	Preparación de matriz de doblado en el centro		-					X	-	45,00	
11	Doblado de platina en el centro		1600	X					-	9.600,00	
12	Traslado de producto terminado		1600	X					5,00	1.800,00	
13	Producto terminado apilado en pallets		1600					X	-	-	
TOTAL				3	4	2	3	1	60,00	33.040,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.6 Diagrama de proceso OTIDA: Faldón.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA										
Producto:	FALDÓN		Operación				Imagen:		N°	
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento							
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión							
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera				Diagrama:	006	Producción: 400 und	
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo				Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones	
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)							
1	Traslado de materia prima		32		X				44,00	240,00
2	H/N - VARILLA REDONDA LISA 5,5 MM X 6 M		-				X		-	25,00
3	Preparación de cizalla para cortes de 12 cm		1600	X					-	4.000,00
4	Corte de varilla en 12 cm		-				X		-	50,00
5	Preparación de matriz de doblado de modelo 3		1600	X					-	20.800,00
6	Doblado de varilla modelo 3		1600			X			-	-
7	Almacenado en pallet para ser soldado		100		X				36,00	900,00
8	Traslado de materia prima		-				X		-	180,00
9	Preparación de roladora		100	X					-	12.000,00
10	Rolado de varilla cuadrada		100			X			-	-
11	Almacenamiento en pallet para ser cortado con pulidora		100		X				8,00	360,00
12	H/N - VARILLA CUADRADA 12 X 12 MM X 6 M (1/2" X 1/2")		-				X		-	60,00
13	Traslado de varilla cuadrada rolada a corte con pulidora		400	X					-	16.800,00
14	Preparación de pulidora		-				X		-	60,00
15	Corte de varilla cuadrada rolada con pulidora		400	X					-	6.000,00
16	Preparación de soldadora MIG		-				X		-	40,00
17	Soldado de varilla cuadrada en los extremos		400	X					-	12.000,00
18	Preparación de pulidora		400	X					-	-
19	Pulido de varilla cuadrada rolada y soldada		400						-	-
20	Almacenamiento en pallet		100		X				30,00	1.500,00
21	Traslado de materia prima		-				X		-	300,00
22	H/N - PLANCHA 1220 X 2440 X 1 MM		800	X					-	144.000,00
23	Preparación de máquina de corte para cortes de mitades de faldón		800			X			-	-
24	Corte de mitades de faldón		800		X				7,40	1.200,00
25	Almacenado en pallet para ser rolado		-				X		-	180,00
26	Traslado de mitad cortada a roladora		800	X					-	33.600,00
27	Preparación de roladora		800			X			-	-
28	Rolado de mitades de faldón		400		X				3,00	360,00
29	Almacenado en pallet para ser soldado		800		X				7,00	1.200,00
30	Traslado de varilla cuadrada rolada, soldada y pulida a soldadora MIG		-				X		-	60,00
31	Traslado de mitades de faldón a soldadora MIG		400	X					-	23.200,00
32	Preparación de soldadora MIG		400			X			-	-
33	Soldado de 2 mitades de faldón con varilla cuadrada		400		X				3,00	1.200,00
34	Almacenado en pallet para soldar		1600		X				3,00	75,00
35	Traslado de faldón con varilla a soldadora MIG		-				X		-	60,00
36	Traslado de varilla modelo 3 a soldadora MIG		400	X					-	48.000,00
37	Preparación de soldadora MIG		400		X				12,00	1.800,00
38	Soldado de 4 varillas		400					X	-	-
39	Traslado de producto terminado		400						-	-
40	Producto terminado apilado en pallets		10	10	5	10	1	153,40	330.250,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.7 Diagrama de proceso OTIDA: Poste Alimentador 2 m.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA													
Producto:	POSTE ALIMENTADOR 2 M		Operación					Imagen:					
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento										
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión					N°					
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera										
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo					Diagrama:	007	Producción: 400 und			
Ítem	Descripción		Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones	
1	H/N - ÁNGULO	Traslado de materia prima		14		X				25,00	240,00		
2	50 X 3 MM X 6 M (2" X 1/8")	Preparación de tronzoadora para cortes de 20 cm		-					X	-	50,00		
3		Corte de ángulo en 20 cm		400	X					-	7.200,00		
4		Almacenado en pallet para ser perforado		400				X			-	-	
5	H/N - PLATINA	Traslado de materia prima		14		X				44,00	240,00		
6	50 X 3 MM X 6 M (2" X 1/8")	Preparación de cizalla para cortes rectos de 20 cm		-					X	-	50,00		
7		Corte de platina en 20 cm		400	X					-	6.000,00		
8		Almacenado en pallet para ser perforado		400				X			-	-	
9		Traslado de ángulo a soldadora MIG		400		X				9,00	90,00		
10		Traslado de platina a soldadora MIG		400		X				6,00	60,00		
11		Preparación de soldadora MIG		-					X	-	50,00		
12		Soldado de ángulo y platina		400	X					-	24.800,00		
13	-	Almacenado en pallet para perforar		400				X		-	-		
14	Traslado de ángulo y platina a taladro de pedestal	400			X				3,00	72,00			
15	Preparación de taladro de pedestal	-							X	-	60,00		
16	Perforación de ángulo y platina	400		X						-	20.000,00		
17	-	Almacenado en pallet para soldar		400				X		-	-		
18	H/N - PLANCHA	Traslado de materia prima			6		X			30,00	480,00		
19	1220 X 2440 X 3 MM	Preparación de máquina de corte para cortes de placas cuadradas de 20 cm			-					X	-	300,00	
20		Corte de placas cuadradas de 20 cm			400	X					-	53.200,00	
21		Almacenado en pallet para ser soldado	400						X		-	-	
22	H/N - TUBO CUADRADO 40 X 2 MM X 6 M (1-1/2" X 2 MM)	Traslado de materia prima		134		X			25,00	780,00			
23	Preparación de tronzoadora para cortes de 2 m	Corte de tubo cuadrado en 2 m		400	X				X	-	35,00		
24		Almacenado en pallet para ser perforado		400				X		-	8.800,00		
25	Traslado de tubos cuadrados a taladro de pedestal	Preparación de taladro		400		X				15,00	720,00		
26		Perforación de tubo cuadrado		400	X				X	-	60,00		
27		Almacenado en pallet para ser soldado		400				X		-	21.600,00		
28	H/N - ÁNGULO 25 X 3 MM X 6 M (1" X 1/8")	Traslado de material sobrante			-		X			-	60,00		
29		Preparación de máquina de corte para cortes de 4 cm	-						X	-	50,00		
30		Corte de ángulo sobrante en 4 cm	400		X					-	6.000,00		
31		Almacenado en pallet para ser perforado	400					X		-	-		
32	Traslado de ángulos de 4 cm a taladro de pedestal	Preparación de taladro	400					X	10,00	108,00			
33		Perforación de ángulo de 4 cm	400	X					-	50,00			
34		Almacenado en pallet para ser soldado	400				X		-	8.800,00			
35		Traslado de placas cuadradas a soldadora MIG	400			X			2,00	125,00			
36		Traslado de tubo cuadrado a soldadora MIG	400	X					8,00	720,00			
37	Traslado de ángulo de 4 cm	400		X				1,50	70,00				
38	Traslado de ángulo y platina	400		X				14,00	95,00				
39	Preparación de soldadora MIG	-						X	-	60,00			
40	Soldado de placa cuadrada	400	X					-	18.000,00				
41	Soldado de ángulo de 4 cm	400	X					-	10.000,00				
42	Soldado de ángulo y platina	400	X					-	44.000,00				
43	Traslado de producto terminado	400		X				10,00	9.000,00				
44	Producto terminado apilado en pallets	400						X	-	-			
TOTAL				12	15	9	10	1	202,50	242.025,00			

Fuente: Autor.

Tabla 5.8 Diagrama de proceso OTIDA: Cama Alimentador 1 x 2 m.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	CAMA ALIMENTADOR 1 X 2 M		Operación	Imagen:		N°	Diagrama:	008	Producción: 400 und		
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión								
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera								
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo								
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		667		X				20,00	2.700,00	
2	Preparación de tronadora para corte de 1 m		-					X	-	50,00	
3	Corte de ángulo en 1 m		1600	X					-	24.000,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		1600			X			-		
5	Preparación de tronadora para corte de 2 m		-		X				-	25,00	
6	Corte de ángulo en 2 m		800					X	-	12.000,00	
7	Almacenado en pallet para ser soldado		800	X					-		
8	Preparación de tronadora para corte de 87 cm		-						-	25,00	
9	Corte de ángulo en 87 cm		800					X	-	12.000,00	
10	Almacenado en pallet para ser soldado		800			X			-		
11	Traslado de materia prima		6		X				30,00	480,00	
12	Preparación de máquina de corte para cortes de placas cuadradas de 20 cm		-					X	-	300,00	
13	Corte de placas cuadradas de 20 cm		400	X					-	53.200,00	
14	Almacenado en pallet para ser soldado		400			X			-		
15	Traslado de ángulo de 1 m a soldadora MIG		1600		X				10,00	120,00	
16	Traslado de ángulo de 2 m a soldadora MIG		800		X				10,00	150,00	
17	Traslado de ángulo de 87 cm a soldadora MIG		800		X				10,00	90,00	
18	Traslado de placa cuadrada a soldadora MIG		400		X				3,00	8.000,00	
19	Preparación de soldadora MIG		-					X	-	60,00	
20	Soldado de ángulos		400	X					-	91.200,00	
21	Soldado de cama con placa cuadrada		400	X					-	18.000,00	
22	Traslado de producto terminado		400		X				13,00	14.400,00	
23	Producto terminado apilado en pallets		400					X	-	-	
TOTAL				5	8	3	4	1	96,00	236.800,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.9 Diagrama de proceso OTIDA: Platina en V.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	PLATINA EN V		Operación	Imagen:		N°	Diagrama:	009	Producción: 400 und		
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión								
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera								
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo								
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (min)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		54		X				44,00	300,00	
2	Preparación de cizalla para cortes de 40 cm		-					X	-	25,00	
3	Corte de platina en 40 cm		800	X					-	3.200,00	
4	Almacenado en pallet para ser perforado		-			X			-		
5	Traslado de platinas a taladro de pedestal		800		X				8,00	60,00	
6	Preparación de taladro de pedestal		-					X	-	60,00	
7	Perforación de platinas		800	X					-	12.000,00	
8	Almacenado de platinas perforadas para ser pulidas		800			X			-		
9	Traslado de platinas perforadas a esmeril		800		X				3,50	180,00	
10	Preparación de esmeril		-					X	-	15,00	
11	Pulido de platinas perforadas		800	X					-	36.000,00	
12	Traslado de producto terminado		800		X				30,00	120,00	
13	Producto terminado apilado en pallets		800					X	-	-	
TOTAL				3	4	2	3	1	85,50	51.960,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.10 Diagrama de proceso OTIDA: Púas Antipájaros 2 m.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	PÚAS ANTIPÁJAROS 2 M		Operación	Imagen:		N°	010	Producción: 400 und			
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión								
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera	Diagrama:							
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo								
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		134		X				44,00	360,00	
2	Preparación de cizalla para cortes de 2 m		-				X		-	25,00	
3	Corte de platina en 2 m		400	X					-	2.000,00	
4	Almacenado en pallet para ser doblado		400			X			-	-	
5	Traslado de platinas a dobladora		400		X				8,00	120,00	
6	Preparación de dobladora		-				X		-	25,00	
7	Doblado de platina		400	X					-	14,00	
8	Almacenado en pallet para ser perforado		400			X			-	-	
9	Traslado de platinas a taladro de pedestal		400		X				3,50	4.800,00	
10	Preparación de taladro		400				X		-	60,00	
11	Perforación de platinas		400	X					-	158.400,00	
12	Almacenado en pallet para ser remachado		400			X			-	-	
13	Traslado de platinas a remachadora		400		X				7,50	90,00	
14	Traslado de bird spikes		400		X				30,00	300,00	
15	Preparación de remachadora		400				X		-	60,00	
16	Remachado de platinas de 2 m		400	X					-	132.000,00	
17	Traslado de producto terminado		400		X				3,00	120,00	
18	Producto terminado apilado en pallets		400					X	-	-	
TOTAL				4	6	3	4	1	96,00	298.374,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.11 Diagrama de proceso OTIDA: Soporte para Caja PL.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	SOPORTE PARA CAJA PL		Operación	Imagen:		N°	011	Producción: 400 und			
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión								
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera	Diagrama:							
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo								
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		59		X				25,00	300,00	
2	Preparación de tronzadora para corte de 14 cm		-				X		-	35,00	
3	Corte de ángulo en 14 cm		800	X					-	12.000,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		800			X			-	-	
5	Preparación de tronzadora para corte de 30 cm		-				X		-	35,00	
6	Corte de ángulo en 30 cm		800	X					-	12.000,00	
7	Almacenado en pallet para ser soldado		800			X			-	-	
8	Traslado de materia prima		72		X				44,00	480,00	
9	Preparación de cizalla para corte de 32 cm		-				X		-	25,00	
10	Corte de platina en 32 cm		800	X					-	4.800,00	
11	Almacenado en pallet para ser soldado		800			X			-	-	
12	Preparación de cizalla para corte de 42 cm		-				X		-	25,00	
13	Corte de platina en 42 cm		400	X					-	2.400,00	
14	Almacenado en pallet para ser soldado		400			X			-	-	
15	Traslado de ángulos a soldadora MIG		800		X				3,50	90,00	
16	Traslado de platinas a soldadora MIG		1200						4,50	120,00	
17	Preparación de soldadora MIG		-				X		-	60,00	
18	Soldado de ángulos		400	X					-	36.000,00	
19	Soldado de ángulos y platinas		400			X			-	36.000,00	
20	Almacenado en pallet para ser perforado		400		X				-	-	
21	Traslado de marco a taladro de pedestal		400				X		3,00	120,00	
22	Preparación de taladro de pedestal		-	X					-	60,00	
23	Perforación de marcos		400						-	20.000,00	
24	Traslado de producto terminado		400		X				25,50	240,00	
25	Producto terminado apilado en pallets		400					X	-	-	
TOTAL				6	5	5	6	1	105,50	124.790,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.12 Diagrama de proceso OTIDA: Cama para Panel 1 x 2 m.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA										
Producto:	CAMA PARA PANEL 1 X 2 M		Operación	Imagen:		N°	012			
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento							
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión	Diagrama:	Producción: 80 und					
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera							
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo							
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad			Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones	
1	Traslado de materia prima		120		X			35,00	1.260,00	
2	Preparación de tronzoadora para corte de 1 m		-				X	-	50,00	
3	Corte de tubo cuadrado en 1 m		240	X				-	6.000,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		240			X		-	-	
5	Preparación de tronzoadora para corte de 2 m		-		X			-	25,00	
6	Corte de tubo cuadrado en 2 m		160				X	-	4.000,00	
7	Almacenado en pallet para ser perforado		160			X		-	-	
8	Traslado de tubos de 2 m a taladro de pedestal		80		X			10,00	120,00	
9	Preparación de taladro de pedestal		-				X	-	60,00	
10	Perforación de tubo de 2 m		80	X				-	9.600,00	
11	Almacenado en pallet para ser soldado		80			X		-	-	
12	Traslado de materia prima		2		X			30,00	480,00	
13	Preparación de máquina de corte para cortes de placas cuadradas de 20 cm		-				X	-	300,00	
14	Corte de placas cuadradas de 20 cm		80	X				-	14.400,00	
15	Almacenado en pallet para ser soldado		80			X		-	-	
16	Traslado de materia prima		27		X			20,00	360,00	
17	Preparación de tronzoadora para cortes de 2 m		-				X	-	50,00	
18	Corte de ángulos en 2 m		160	X				-	1.600,00	
19	Almacenado en pallet para ser remachado		160			X		-	-	
20	Traslado de tubo cuadrado de 1 m a soldadora TIG		240		X			10,00	120,00	
21	Traslado de tubo cuadrado de 2 m a soldadora TIG		240		X			7,00	120,00	
22	Traslado de placa cuadrada a soldadora TIG		80		X			21,00	150,00	
23	Preparación de soldadora TIG		-				X	-	60,00	
24	Soldado de tubos cuadrados		80	X				-	24.000,00	
25	Soldado de cama con placa cuadrada		80	X				-	3.600,00	
26	Almacenado en pallets para remachado		80			X		-	-	
27	Traslado de camas soldadas con placa cuadrada		80		X			20,00	300,00	
28	Traslado de ángulos de aluminio		160		X			15,00	360,00	
29	Preparación de remachadora		-				X	-	60,00	
30	Remachado de ángulos y cama		80	X				-	38.400,00	
31	Traslado de producto terminado		80		X			5,00	300,00	
32	Producto terminado apilado en pallets		80				X	-	-	
TOTAL				7	11	6	7	1	173,00	105.775,00

Fuente: Autor.

Tabla 5.13 Diagrama de proceso OTIDA: Poste SF200 Inalámbrico 1 Caída.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA												
Producto:	POSTE SF200 INALÁMBRICO 1 CAÍDA		Operación					Imagen: 				
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento									
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión									
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera									
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo					N°				
					Diagrama:		013	Producción: 80 und				
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones	
1	A/I - PLANCHA 1220 X 2440 X 3 MM		Traslado de materia prima	2		X				30,00	480,00	
2	Preparación de máquina de corte para cortes de placas cuadradas de 20 cm		-					X		-	300,00	
3	Corte de placas cuadradas de 20 cm		80	X						-	14.400,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		80				X			-	-	
5	A/I - PLANCHA 1220 X 2440 X 6 MM		Traslado de materia prima	3		X				30,00	480,00	
6	Preparación de máquina de corte para cortes de bridas de 30 cm		-					X		-	300,00	
7	Corte de bridas de 30 cm		80	X						-	17.600,00	
8	Almacenado en pallet para ser soldado		80				X			-	-	
9	A/I - PLANCHA 1220 X 2440 X 6 MM		Traslado de materia prima	2		X				30,00	480,00	
10	Preparación de máquina de corte para cortes de rigidizadores		-					X		-	300,00	
11	Corte de rigidizadores		480	X						-	31.200,00	
12	Almacenado en pallet para ser soldado		480				X			-	-	
13	A/I - TUBO REDONDO 50 X 1,5 MM X 6 M (2" X 1,5 MM)		Traslado de materia prima	27		X				25,00	480,00	
14	Preparación de tronzo para cortes de 2 m		-					X		-	50,00	
15	Corte de tubo redondo en 2 m		80	X						-	2.400,00	
16	Almacenado en pallet para ser soldado		80				X			-	-	
17	A/I - PLATINA 20 X 3 MM X 6 M (3/4" X 1/8")		Traslado de materia prima	8		X				44,00	180,00	
18	Preparación de cizalla para cortes de 40 cm		-					X		-	50,00	
19	Corte de platina en 40 cm		160	X						-	1.920,00	
20	Almacenado en pallet para ser soldado		160				X			-	-	
21	A/I - ÁNGULO 25 X 3 MM X 6 M (1" X 1/8")		Traslado de materia prima	11		X				25,00	180,00	
22	Preparación de cizalla para cortes de 30 cm		-					X		-	50,00	
23	Corte de ángulo en 30 cm		160	X						-	2.400,00	
24	Almacenado en pallet para ser soldado		160				X			-	-	
25	-		Traslado de platinas de 30 cm a soldadora TIG	160		X				9,00	120,00	
26	Traslado de ángulos de 40 cm a soldadora TIG		160		X					22,00	300,00	
27	Preparación se soldadora TIG		-					X		-	60,00	
28	Soldado de marco		80	X						-	14.400,00	
29	Almacenado de marco para ser perforado		80				X			-	-	
30	Traslado de marco a taladro de pedestal		80		X					3,50	150,00	
31	Preparación de taladro de pedestal		80					X		-	60,00	
32	Perforación de marco		80	X						-	4.000,00	
33	Almacenado en pallet para ser soldado		80				X			-	-	
34	Traslado de tubos redondos a soldadora TIG		80		X					25,00	300,00	
35	Traslado de placas cuadradas a soldadora TIG	80		X					20,00	150,00		
36	Traslado de bridas a soldadora TIG	80		X					20,00	150,00		
37	Traslado de rigidizadores	480		X					20,00	240,00		
38	Traslado de marco	80		X					3,50	150,00		
39	Preparación de soldadora TIG	-					X		-	60,00		
40	Soldado de tubo redondo con brida	80	X						-	2.560,00		
41	Soldado de placa cuadrada	80	X						-	2.400,00		
42	Soldado de rigidizadores	80	X						-	24.000,00		
43	Soldado de tubo con marco	80							-	9.600,00		
44	Almacenado para pintura	80				X			-	-		
45	Preparación de pintura	-					X		-	75,00		
46	Pintura en zona de rigidizadores	80	X						-	4.800,00		
47	Pintura en zona de marco	80	X						-	4.000,00		
48	Traslado de producto terminado	80		X					25,00	3.600,00		
49	Producto terminado apilado en pallets	80						X	-	-		
TOTAL				13	15	9	10	1	332,00	144.425,00		

Fuente: Autor.

Tabla 5.14 Diagrama de proceso OTIDA: Soporte Inox. Para Caja PL.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	SOPORTE INOX. PARA CAJA PL		Operación				Imagen:				
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión				N°				
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera								
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo				Diagrama:	014	Producción: 80 und		
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		12		X				25,00	180,00	
2	Preparación de tronzo para corte de 14 cm		-					X	-	50,00	
3	Corte de ángulo en 14 cm		160	X					-	2.400,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		160			X			-	-	
5	Preparación de tronzo para corte de 30 cm		-					X	-	50,00	
6	Corte de ángulo en 30 cm		160	X					-	2.400,00	
7	Almacenado en pallet para ser soldado		160			X			-	-	
8	Traslado de materia prima		9		X				25,00	150,00	
9	Preparación de cizalla para corte de 32 cm		-					X	-	50,00	
10	Corte de platina en 32 cm		160	X					-	2.400,00	
11	Almacenado en pallet para ser soldado		160			X			-	-	
12	Traslado de ángulos a soldadora TIG		160		X				22,00	300,00	
13	Preparación de soldadora TIG		-					X	-	60,00	
14	Soldado de ángulos		80	X					-	4.800,00	
15	Soldado de ángulos y platinas		80			X			-	5.200,00	
16	Almacenado en pallet para perforado		80		X				-	-	
17	Traslado de marco a taladro de pedestal		80					X	3,50	150,00	
18	Preparación de taladro de pedestal		-	X					-	60,00	
19	Perforado de marco		80						-	4.000,00	
20	Almacenado para pintura		80			X			-	-	
21	Preparación de pintura		-					X	-	75,00	
22	Pintura de marcos		80	X					-	4.000,00	
23	Traslado de producto terminado		80		X				25,00	120,00	
24	Producto terminado apilado en pallets	80						X	-	-	
TOTAL				6	5	5	6	1	100,50	26.445,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.15 Diagrama de proceso OTIDA: Sombrero Chino.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA											
Producto:	SOMBREIRO CHINO		Operación				Imagen:				
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o desplazamiento								
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión				N°				
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera								
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo				Diagrama:	015	Producción: 400 und		
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		2		X				30,00	480,00	
2	Preparación de máquina de corte para cortes de bridas de 11 cm		-					X	-	300,00	
3	Corte de bridas de 11 cm		400	X					-	36.000,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		400			X			-	-	
5	Traslado de materia prima		22		X				25,00	240,00	
6	Preparación de cizalla para cortes de 11 cm		-					X	-	50,00	
7	Corte de platina en 11 cm		1200	X					-	7.200,00	
8	Almacenado en pallet para ser soldado		1200			X			-	-	
9	Traslado de bridas de 11 cm a soldadora TIG		400		X				20,00	240,00	
10	Traslado de platinas a soldadora TIG		1200		X				9,00	150,00	
11	Traslado de platos repujados a soldadora TIG		400		X				25,00	180,00	
12	Preparación de soldadora		-					X	-	60,00	
13	Soldado de 3 platinas a brida		1200	X					-	48.000,00	
14	Soldado de plato repujado		400	X					-	48.000,00	
15	Almacenado en pallet para ser remachado		400			X			-	-	
16	Traslado a remachadora		400		X				20,00	240,00	
17	Traslado de adaptadores de 2"		400		X				10,00	600,00	
18	Preparación de remachadora		-					X	-	60,00	
19	Remachado de sombreros chinos		400	X					-	36.000,00	
20	Traslado de producto terminado		400		X				5,00	60,00	
21	Producto terminado apilado en pallets	400						X	-	-	
TOTAL				5	8	3	4	1	144,00	177.860,00	

Fuente: Autor.

Tabla 5.16 Diagrama de proceso OTIDA: Protector de Spinner.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA										
Producto:	PROTECTOR DE SPINNER		Operación			Imagen:				
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento							
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión			N°				
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera			Diagrama:	016 Producción: 400 und			
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo			Distancia (m)	Tiempo (s)			
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad				Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de anillos a soldadora TIG		400		X			25,00	90,00	
2	Traslado de platos repujados con orificio a soldadora TIG		400		X			25,00	120,00	
3	Preparación de soldadora		-				X	-	50,00	
4	Soldado de anillo con plato		400	X				-	21.200,00	
5	Almacenado en pallet para ser pulido		400			X		-	-	
6	Preparación de pulidora		-				X	-	60,00	
7	Pulido de protectores de spinner		400	X				-	24.000,00	
8	Traslado de producto terminado		400	X				25,00	120,00	
9	Producto terminado apilado en pallets		400					X	-	-
TOTAL				2	3	1	2	1	75,00	45.640,00

Fuente: Autor.

Tabla 5.17 Diagrama de proceso OTIDA: Base de Fundir.

DIAGRAMA DE PROCESO OTIDA										
Producto:	BASE DE FUNDIR		Operación			Imagen:				
Inicia:	Almacén de materia prima		Transporte o despalazamiento							
Termina:	Almacén de producto terminado		Inspección o revisión			N°				
Elaborado por:	María Belén Noboa Saavedra		Demora o espera			Diagrama:	016 Producción: 400 und			
Fecha:	Guayaquil, 12 de Julio del 2021		Almacenamiento o archivo			Distancia (m)	Tiempo (s)			
Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad (und)	Actividad				Distancia (m)	Tiempo (s)	Observaciones
1	Traslado de materia prima		3		X			30,00	480,00	
2	H/N - PLANCHA 1220 X 2440 X 9 MM Preparación de máquina de corte para cortes de bridas de 30 cm		-				X	-	300,00	
3	Corte de bridas de 30 cm		80	X				-	18.000,00	
4	Almacenado en pallet para ser soldado		80			X		-	-	
5	Traslado de materia prima		14		X			20,00	240,00	
6	Preparación de tronczadora para cortes de 25 cm		-				X	-	50,00	
7	H/N - VARILLA REDONDA Corte de varilla corrugada en 25 cm		320	X				-	8.000,00	
8	Almacenado en pallet para ser doblado		320		X			-	-	
9	Traslado de varillas de 25 cm a dobladora		320		X			13,00	180,00	
10	Preparación de dobladora	-				X	-	50,00		
11	Doblado de varilla corrugada	320	X				-	3.840,00		
12	Almacenado en pallet para ser soldado	320			X		-	-		
13	Traslado de bridas de 30 cm		80		X			9,00	150,00	
14	Traslado de varillas doblada		320		X			15,00	180,00	
15	Preparación de soldadora MIG		-				X	-	60,00	
16	Soldado de varillas a brida		80	X				-	6.400,00	
17	Almacenado en pallet para ser pintado		80			X		-	-	
18	Traslado de bases de fundir a zona de pintura		80		X			17,00	240,00	
19	Pintado de bases de fundir		80	X				-	19.200,00	
20	Traslado de producto terminado		80		X			5,00	300,00	
21	Producto terminado apilado en pallets		400					X	-	-
TOTAL				5	8	3	4	1	109,00	57.670,00

Fuente: Autor.

ANEXO B: FLUJOS

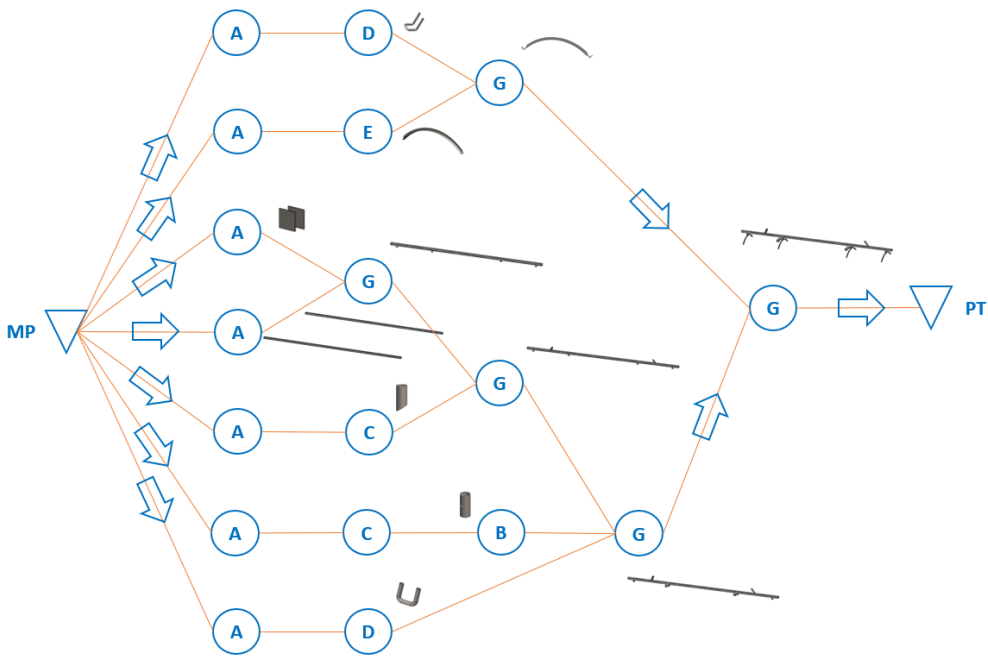


Figura 5.1 Flujo de procesos del Soporte de Flotadores (Araña). Fuente: Autor.



Figura 5.2 Flujo de procesos del Tubo Cuadrado 2 m. Fuente: Autor.

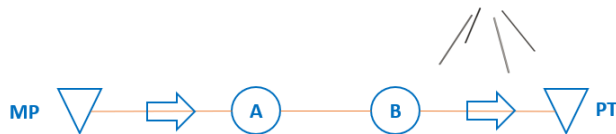


Figura 5.3 Flujo de procesos del Tubo Estructural 1.68 m. Fuente: Autor.

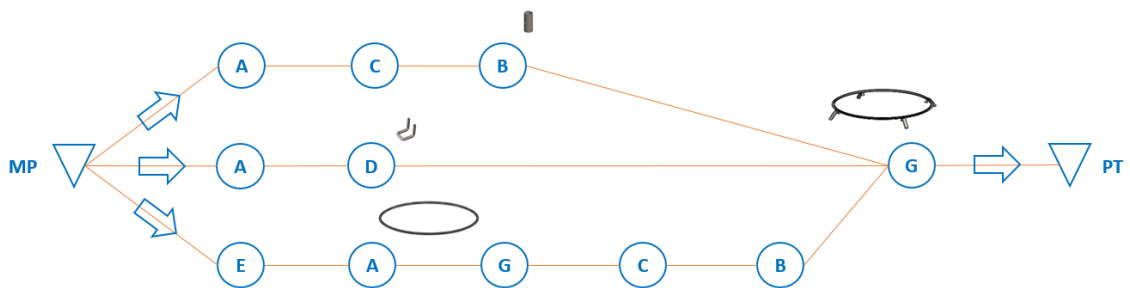


Figura 5.4 Flujo de procesos del Anillo Superior. Fuente: Autor.

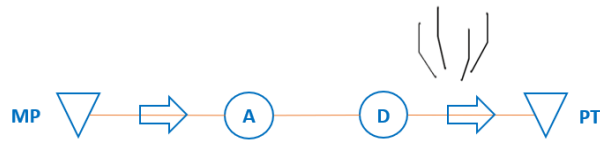


Figura 5.5 Flujo de procesos de Platina Lisa Soporte de Tolva. Fuente: Autor.

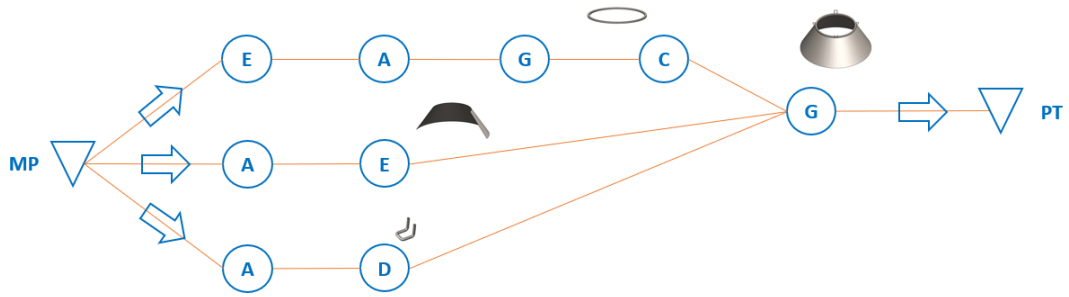


Figura 5.6 Flujo de procesos de Faldón. Fuente: Autor.

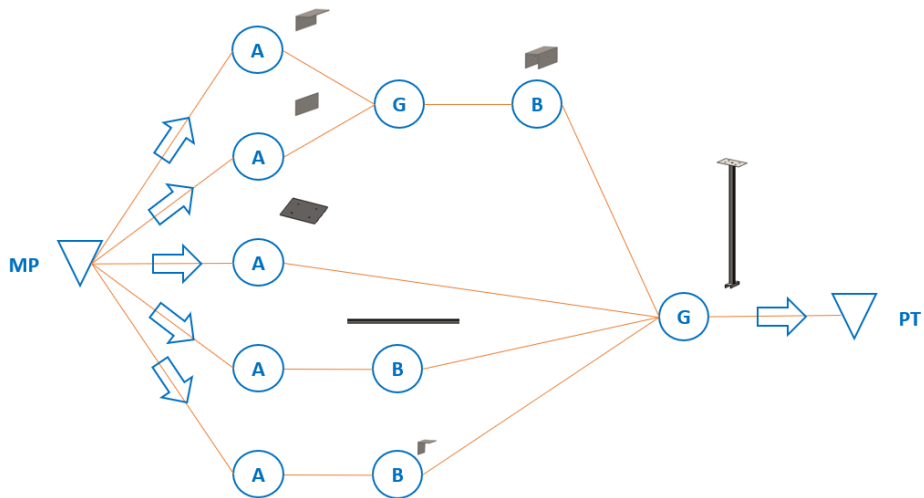


Figura 5.7 Flujo de procesos del Poste Alimentador 2 m. Fuente: Autor.

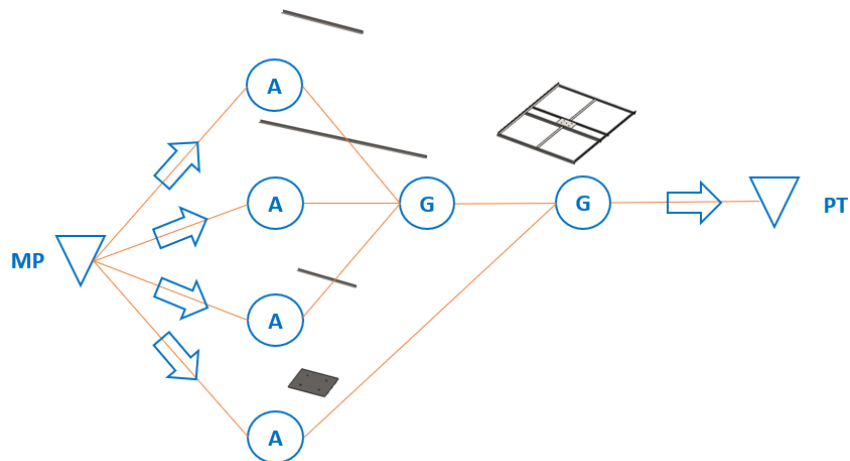


Figura 5.8 Flujo de procesos de Cama Alimentador 1 x 2 m. Fuente: Autor.

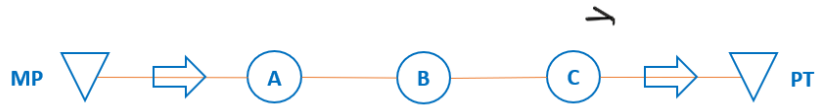


Figura 5.9 Flujo de procesos de Platina en V. Fuente: Autor.

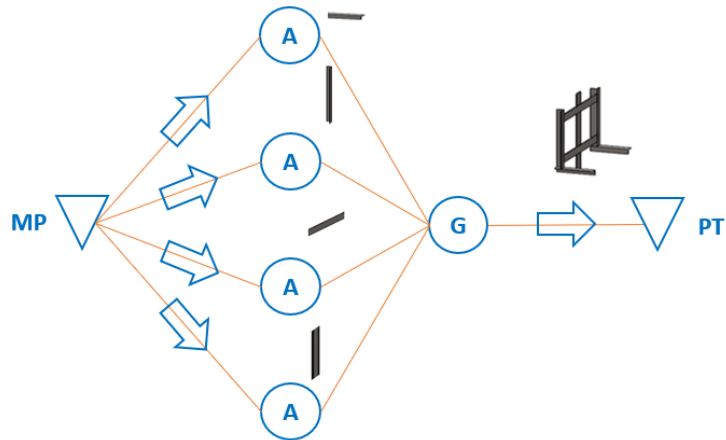


Figura 5.10 Flujo de procesos de Soporte para Caja PL. Fuente: Autor.

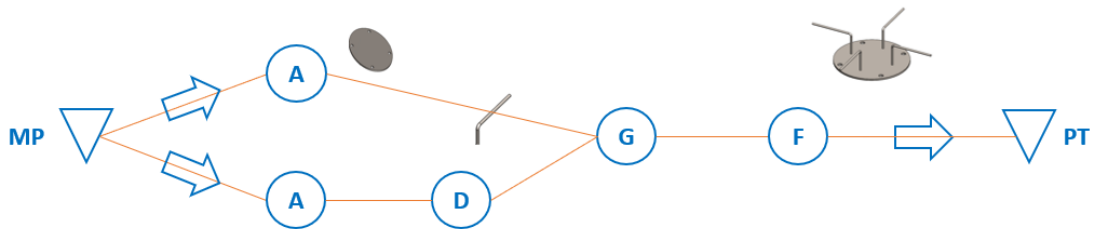


Figura 5.11 Flujo de procesos de la Base de Fundir. Fuente: Autor.

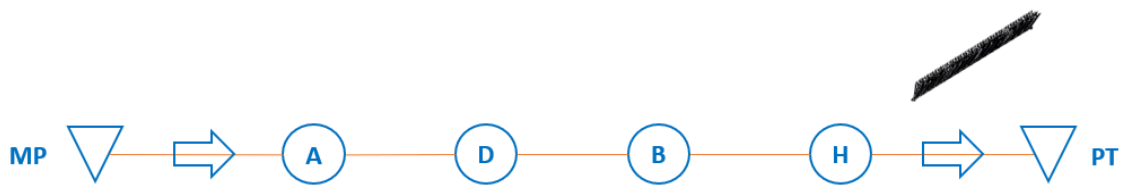


Figura 5.12 Flujo de procesos de Púas Antipájaros 2 m. Fuente: Autor.

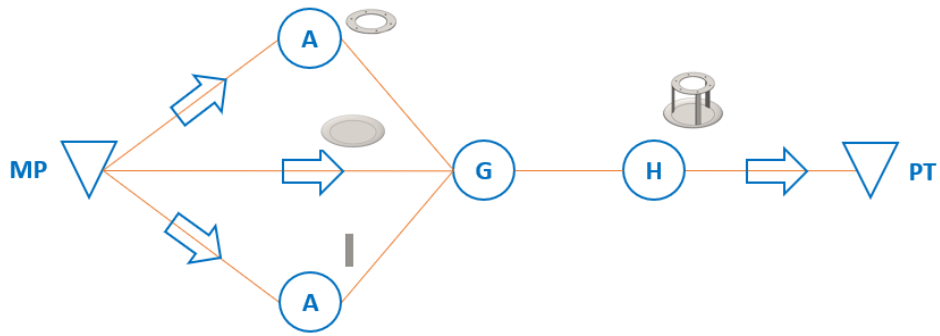


Figura 5.13 Flujo de procesos del Sombrero Chino. Fuente: Autor.



Figura 5.14 Flujo de procesos del Protector de Spinner. Fuente: Autor.

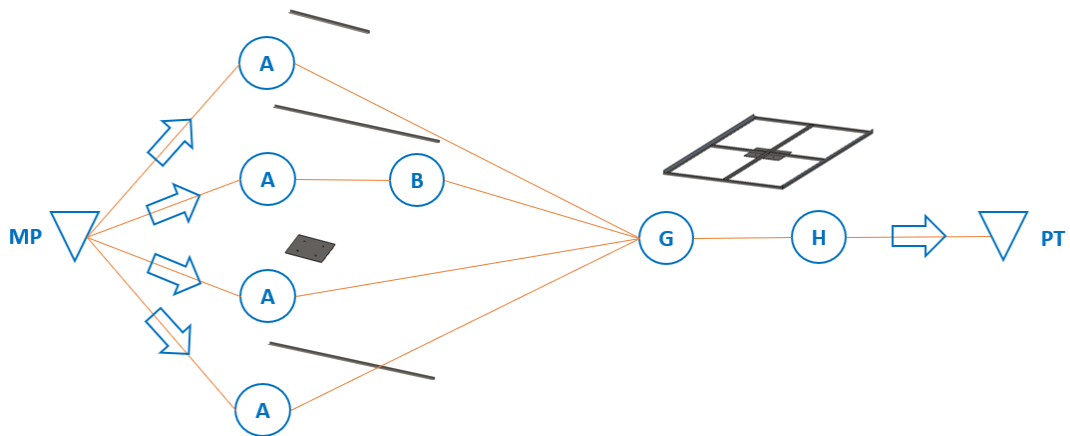


Figura 5.15 Flujo de Procesos de Cama para Panel 1 x 2 m. Fuente: Autor.

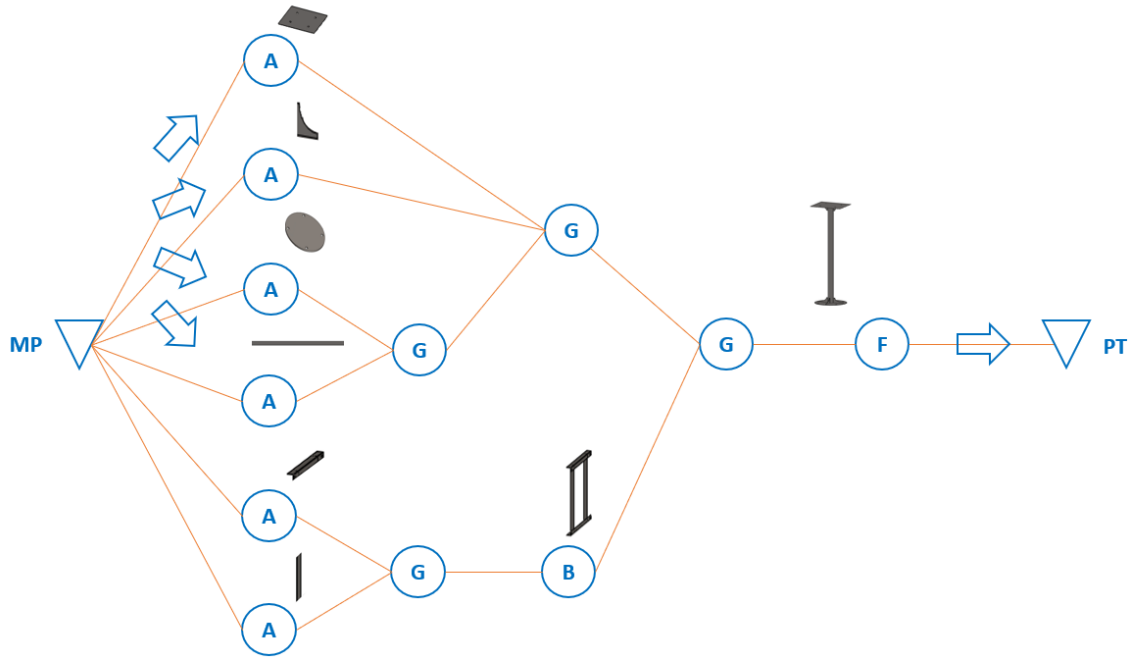


Figura 5.16 Flujo de procesos del Poste SF200 Inalámbrico 1 Caída. Fuente: Autor.

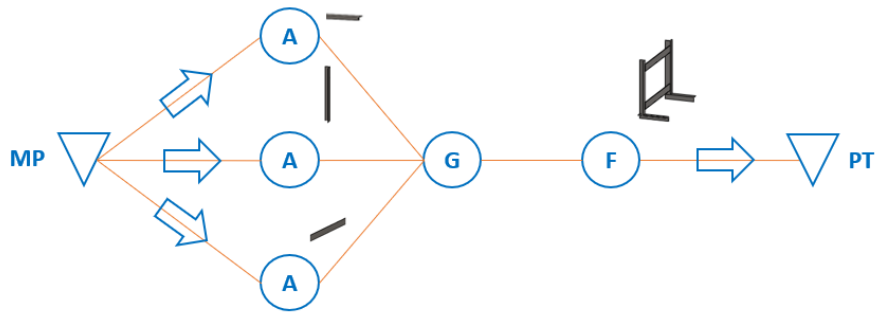


Figura 5.17 Soporte Inox. Para Caja PL. Fuente: Autor.

ANEXO C: FROM-TO CHART

Tabla 5.18 From-To Chart de las operaciones realizadas en Taller Metalmecánico.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	[Black]	2758	94	143	841	[White]	304	[White]
		1379		101			36	
			19				36	
		152		101				
			551				101	
		5316		380				
			387				80	
		152		101				
			551				101	
		5316		380				
			387				80	
		152		101				
			551				101	
		5316		380				
			387				80	
		152		101				
			551				101	
		5316		380				
			387				80	
		152		101				
551	101		297					
		5316	380	62				
387	80			58				
		152	101	27				
551	101			58				
		5316	380	50				
387	80			18				
		152	101	64				
551	101			393				
		B	[Black]	[Black]	152	[White]	[White]	[White]
101								
954								
184								
101								
1379								
19								
551								
62								
58								

c		101				94	
		101				625	
		954					
D						143	
						36	
		387				36	
						80	

E	954						841	
F	625							

G		184	954			76			
						151			131
		101	625			267			
						62			
		62				58			
			228			27			
		58				58			18
						50			
						393			
						80			
H									

Fuente: Autor.

ANEXO D: COSTOS DE REMODELACIÓN

Tabla 5.19 Costo de inversión para adecuaciones del Taller Metálico – Opción 1.

Ítem	Actividades	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Opción 1
1	Conexiones eléctricas				\$ 492,95
	Tomacorriente 110 V	3	und	6,30	\$ 18,90
	Tomacorriente 220 V	3	und	2,30	\$ 6,90
	Cable Flexible #10 blanco	20	m	1,31	\$ 26,20
	Cable Flexible #10 negro	20	m	1,31	\$ 26,20
	Cable Flexible #10 verde	20	m	1,31	\$ 26,20
	Cable Flexible #12 blanco	20	m	0,82	\$ 16,40
	Cable Flexible #12 rojo	20	m	0,82	\$ 16,40
	Cable Flexible #12 negro	20	m	0,82	\$ 16,40
	Cable Flexible #12 verde	20	m	0,82	\$ 16,40
	Cable flexible #8	20	m	2,48	\$ 49,60
	Grapas MT de 1"	20	und	0,16	\$ 3,20
	Taco Fischer F6	5	und	0,18	\$ 0,90
	Cinta aislante 3M	5	und	1,25	\$ 6,25
	Conectores para manguera sellada	20	und	1,60	\$ 32,00
	Funda sellada 1"	60	und	3,85	\$ 231,00
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
2	Reubicación de pared divisoria				\$ 492,95
	Gypsum	35	m2	13,00	\$ 455,00
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
3	Puerta corrediza de pared divisoria				\$ 430,40
	Tubo redondo 1" x 2 mm	40	und	10,76	\$ 430,40
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
4	Obra civil orden interno (pintura para delimitación de operaciones)				\$ 93,75
	Pintura amarillo de tráfico	5	gln	18,75	\$ 93,75
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
				SUBTOTAL	\$ 1.510,05
				IVA (12%)	\$ 181,21
				TOTAL	\$ 1.691,26

Fuente: Autor.

Tabla 5.20 Costo de inversión para adecuaciones del Taller Metálico – Opción 2.

Ítem	Actividades	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Opción 2
1	Conexiones eléctricas				\$ 1.333,15
	Tomacorriente 110 V	10	und	6,30	\$ 63,00
	Tomacorriente 220 V	10	und	2,30	\$ 23,00
	Cable Flexible #10 blanco	100	m	1,31	\$ 131,00
	Cable Flexible #10 negro	100	m	1,31	\$ 131,00
	Cable Flexible #10 verde	100	m	1,31	\$ 131,00
	Cable Flexible #12 blanco	100	m	0,82	\$ 82,00
	Cable Flexible #12 rojo	100	m	0,82	\$ 82,00
	Cable Flexible #12 negro	100	m	0,82	\$ 82,00
	Cable Flexible #12 verde	100	m	0,82	\$ 82,00
	Cable flexible #8	100	m	2,48	\$ 248,00
	Grapas MT de 1"	50	und	0,16	\$ 8,00
	Taco Fischer F6	5	und	0,18	\$ 0,90
	Cinta aislante 3M	5	und	1,25	\$ 6,25
	Conectores para manguera sellada	20	und	1,60	\$ 32,00
	Funda sellada 1"	60	und	3,85	\$ 231,00
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
2	Obra civil para vestidores				\$ 1.322,00
	Gypsum	12	m2	13,00	\$ 156,00
	Instalación de paredes de Gypsum y repintado	53	m2	22,00	\$ 1.166,00
3	Obra civil para área de almacenamiento (puertas corredizas)				\$ 430,40
	Tubo redondo 1" x 2 mm	40	und	10,76	\$ 430,40
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
4	Obra civil orden interno (pintura para delimitación de zonas)				\$ 93,75
	Pintura amarillo de tráfico	5	gln	18,75	\$ 93,75
	Mano de obra (taller)	-	-	-	\$ -
				SUBTOTAL	\$ 3.179,30
				IVA (12%)	\$ 381,52
				TOTAL	\$ 3.560,82

Fuente: Autor.

ANEXO E: PRECIO MATERIA PRIMA

Tabla 5.21 Precio de Materia Prima por cada componente de un alimentador.

Ítem	Descripción de Materia Prima	Medida	Cantidad (und)	Cantidad (m)	Costo Unitario	Costo por alimentador
1	HIERRO NEGRO - SOPORTE DE FLOTADORES (ARAÑA)					27,40
	HIERRO NEGRO - TUBO CUADRADO 40 X 1,5 MM X 3 M (1-1/2" X 1,5 MM)	3,00	2,00	6,00	18,67	\$ 18,67
	HIERRO NEGRO - PLATINA 40 X 3 MM X 0,05 M (1-1/2" X 1/8")	0,05	16,00	0,80	6,71	\$ 0,89
	HIERRO NEGRO - TUBO REDONDO SESGADO 30 X 2 MM X 0,10 M (1-1/4" X 2 MM)	0,10	4,00	0,40	13,41	\$ 0,89
	HIERRO NEGRO - TUBO REDONDO RECTO 30 X 2 MM X 0,10 M (1-1/4" X 2 MM)	0,10	4,00	0,40	13,41	\$ 0,89
	HIERRO NEGRO - PERFIL T 20 x 3 MM X 0,5 M (3/4" X 1/8")	0,50	8,00	4,00	8,26	\$ 5,51
	HIERRO NEGRO - VARILLA REDONDA LISA 5.5 MM X 0,12 M	0,12	20,00	2,40	1,34	\$ 0,54
2	HIERRO NEGRO - TUBO CUADRADO 2M					12,45
	HIERRO NEGRO - TUBO CUADRADO 40 X 1,5 MM X 2 M (1-1/2" X 1,5 MM)	2,00	2,00	4,00	18,67	\$ 12,45
3	HIERRO NEGRO - TUBO ESTRUCTURAL 1.68M					22,84
	HIERRO NEGRO - TUBO REDONDO 40 X 2 MM X 1,68 M (1-1/2" X 2 MM)	2,00	4,00	8,00	17,13	\$ 22,84
4	HIERRO NEGRO - ANILLO SUPERIOR					5,45
	HIERRO NEGRO - PERFIL T 20 x 3 MM X 3 M (3/4" X 1/8")	3,00	1,00	3,00	8,26	\$ 4,13
	HIERRO NEGRO - VARILLA REDONDA LISA 5.5 MM X 0,12 M	0,12	4,00	0,48	5,30	\$ 0,42
	HIERRO NEGRO - TUBO REDONDO 30 X 2 MM X 0,10 M (1-1/4" X 2 MM)	0,10	4,00	0,40	13,41	\$ 0,89
5	HIERRO NEGRO - PLATINA LISA SOPORTE DE TOLVA					1,12
	HIERRO NEGRO - PLATINA 12 x 3 MM X 0,75 M (1/2" X 1/8")	0,75	4,00	3,00	2,23	\$ 1,12
6	HIERRO NEGRO - FALDÓN					11,82
	HIERRO NEGRO - PLANCHA FALDÓN 1MM	1,00	1,00	1,00	41,44	\$ 10,36
	HIERRO NEGRO - VARILLA CUADRADA 12 X 12MM X 1,25 M (1/2" X 1/2")	1,25	1,00	1,25	6,48	\$ 1,35
	HIERRO NEGRO - VARILLA REDONDA LISA 5.5 MM X 0,12 M	0,12	4,00	0,48	1,34	\$ 0,11
7	HIERRO NEGRO - POSTE ALIMENTADOR 2 M					8,81
	HIERRO NEGRO - TUBO CUADRADO 40 X 2 MM X 2 M (1-1/2" X 2 MM)	2,00	1,00	2,00	18,67	\$ 6,22
	HIERRO NEGRO - PLACA 20 X 20 CM X 3 MM	1,00	1,00	1,00	124,32	\$ 1,73
	HIERRO NEGRO - ÁNGULO 50 X 3 MM X 0,20 M (2" X 1/8")	0,20	1,00	0,20	15,95	\$ 0,53
	HIERRO NEGRO - PLATINA 50 X 3 MM X 0,20 M (2" X 1/8")	0,20	1,00	0,20	9,87	\$ 0,33
8	HIERRO NEGRO - CAMA ALIMENTADOR 1 X 2 M					14,11
	HIERRO NEGRO - ÁNGULO 25 X 3 MM X 2 M (1" X 1/8")	2,00	3,00	6,00	7,43	\$ 7,43
	HIERRO NEGRO - ÁNGULO 25 X 3 MM X 1 M (1" X 1/8")	1,00	4,00	4,00	7,43	\$ 4,95
	HIERRO NEGRO - PLACA 20 X 20 CM X 3 MM	1,00	1,00	1,00	124,32	\$ 1,73
9	HIERRO NEGRO - PLATINA EN V					0,55
	HIERRO NEGRO - PLATINA 20 x 3 MM X 0,40 M (3/4" X 1/8")	0,40	2,00	0,80	4,15	\$ 0,55
10	ACERO INOX. - PÚAS ANTIPÁJAROS 2 M					4,15
	ACERO INOX. - PLATINA 20 X 3 MM X 2 M (3/4" X 1/8")	2,00	1,00	2,00	12,44	\$ 4,15
11	HIERRO NEGRO - SOPORTE PARA CAJA PLÁSTICA DE BATERÍAS INALÁMBRICAS					2,56
	HIERRO NEGRO - ÁNGULO 25 X 3 MM X 0,30 M (1" X 1/8")	0,30	2,00	0,60	7,43	\$ 0,74
	HIERRO NEGRO - ÁNGULO 25 X 3 MM X 0,14 M (1" X 1/8")	0,14	2,00	0,28	7,43	\$ 0,35
	HIERRO NEGRO - PLATINA 40 X 3 MM X 0,32 M (1-1/2" X 1/8")	0,32	2,00	0,64	8,30	\$ 0,89
	HIERRO NEGRO - PLATINA 40 X 3 MM X 0,42 M (1-1/2" X 1/8")	0,42	1,00	0,42	8,30	\$ 0,58
12	ACERO INOX. - CAMA PARA PANEL 1 CAÍDA 1 X 2 M					53,12
	ACERO INOX. - TUBO CUADRADO 25 X 1,5 MM X 2M (1" X 1,5 MM)	2,00	3,00	6,00	26,33	\$ 26,33
	ACERO INOX. - TUBO CUADRADO 25 X 1,5 MM X 1M (1" X 1,5 MM)	1,00	3,00	3,00	26,33	\$ 13,17
	ACERO INOX. - PLACA 20 X 20 CM X 3 MM	1,00	1,00	1,00	260,80	\$ 3,62
	ALUMINIO - ÁNGULO 25 X 3 MM X 2 M (1" X 1/8")	2,00	2,00	4,00	15,00	\$ 10,00
13	ACERO INOX. - POSTE SF200 INALÁMBRICO (1 CAÍDA)					49,46
	ACERO INOX. - TUBO REDONDO 50 X 1,5 MM X 2 M (2" X 1,5 MM)	2,00	1,00	2,00	48,25	\$ 16,08
	ACERO INOX. - BRIDA 30 CM X 6 MM	1,00	1,00	1,00	521,60	\$ 16,30
	ACERO INOX. - PLACA 20 X 20 CM X 3 MM	1,00	1,00	1,00	260,80	\$ 3,62
	ACERO INOX. - PLATINA 20 X 3 MM X 0,30 M (3/4" X 1/8")	0,30	1,00	0,30	11,98	\$ 0,60
	ACERO INOX. - ÁNGULO 25 X 3 MM X 0,40 M (1" X 1/8")	0,40	1,00	0,40	29,85	\$ 1,99
	ACERO INOX. - RIGIDIZADOR	1,00	6,00	6,00	521,60	\$ 10,87
14	ACERO INOX. - SOPORTE PARA CAJA PLÁSTICA DE BATERÍAS INALÁMBRICAS					6,46
	ACERO INOX. - ÁNGULO 25 X 3 MM X 0,30 M (1" X 1/8")	0,30	2,00	0,60	29,85	\$ 2,99
	ACERO INOX. - ÁNGULO 25 X 3 MM X 0,14 M (1" X 1/8")	0,14	2,00	0,28	29,85	\$ 1,39
	ACERO INOX. - PLATINA 40 X 3 MM X 0,32 M (1-1/2" X 1/8")	0,32	2,00	0,64	19,48	\$ 2,08
15	ACERO INOX. - SOMBRERO CHINO					5,37
	ACERO INOX. - SOMBREROS CHINOS 1.5MM EXTERNO	1,00	1,00	1,00	4,50	\$ 4,50
	ACERO INOX. - PLATINA 20 X 3 MM X 0,11 M (3/4" X 1/8")	0,11	3,00	0,33	12,44	\$ 0,68
	ACERO INOX. - BRIDA 11 CM X 1 MM	1,00	1,00	1,00	92,54	\$ 0,18
16	PROTECTOR DE SPINNER					4,50
	ACERO INOX. - CASQUETE REPUJADO 1.5MM	1,00	1,00	1,00	4,50	\$ 4,50
17	HIERRO NEGRO - BASE DE FUNDIR					3,08
	HIERRO NEGRO - BRIDA 30 CM X 9MM	1,00	1,00	1,00	50,44	\$ 1,58
	HIERRO NEGRO - VARILLA REDONDA CORRUGADA 12 MM X 0,25 M (1/2")	0,25	4,00	1,00	9,00	\$ 1,50
	ALIMENTADOR ACERO ASTM A36					\$ 121,11
	ALIMENTADOR ACERO INOXIDABLE AISI 304					\$ 112,11

Fuente: Autor.