

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**MEJORA DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UNA  
EMPRESA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS OPTIMIZANDO EL  
TIEMPO DE CICLO CON EL ENFOQUE LEAN  
MANUFACTURING**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CABRERA GUARDIA, LUIS MIGUEL**

**Bach. CIPRIANI BLANCO, WILBER ENRIQUE**

**Asesor: ING. BALLERO NUÑEZ, GINO SAMMY**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios, a mis padres y a mi hermano por apoyarme constantemente, por el amor que me brindan y a su vez ser mi principal fuente de motivación.

Wilber Enrique Cipriani Blanco

Esta tesis se lo dedico a Dios, a mi hijo, a mi esposa y a mi familia que son mi principal apoyo durante cada etapa de mi vida, gracias por su apoyo incondicional.

Luis Miguel Cabrera Guardia

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por bendecirnos y guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis; a nuestras familias que nos apoyaron durante toda esta etapa para poder lograr finalizar con éxito el desarrollo de la investigación, agradeciendo su paciencia y amor que cada uno de ellos nos brindaban; a nuestra alma máter, por darnos las herramientas y los recursos necesarios para demostrar una óptima competitividad profesional en nuestra vida laboral; finalmente a nuestro asesor Ing. Gino Sammy Ballero Nuñez; por la orientación, motivación y el apoyo recibido a lo largo de todo este tiempo de desarrollo de la investigación.

Enrique Cipriani y Luis Cabrera

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos. ....	2
1.1.1. Problema General: .....	8
1.1.2. Problemas Específicos:.....	8
1.2. Objetivos .....	8
1.2.1. Objetivo General .....	8
1.2.2. Objetivos Específicos .....	8
1.3. Delimitación de la Investigación.....	8
1.4. Justificación del Estudio .....	9
1.4.1. Importancia.....	9
1.4.2. Justificación Práctica .....	9
1.4.3. Justificación Económica .....	10
1.4.4. Justificación Social .....	10
1.4.5. Justificación Teórica.....	11
1.4.6. Justificación Metodológica.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Marco Histórico (Antecedentes) .....	12
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	12
2.1.2. Antecedentes Internacionales .....	13
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable del estudio .....	14
2.2.1. Lean manufacturing .....	14
2.2.2. Estructura Lean Manufacturing .....	17
2.2.3. Elementos de Lean Manufacturing.....	18

2.2.4. Mejora continua.....	19
2.2.5. Tiempo de ciclo .....	20
2.2.6. Capacidad de Producción .....	20
2.2.7. Capacidad Total.....	22
2.2.8. Decisiones de Planeación de la Capacidad.....	22
2.3. Definición de Términos Básicos .....	23
<b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS .....</b>	<b>39</b>
3.1. General .....	39
3.2. Específicos .....	39
3.3. Variables .....	39
3.4. Operacionalización de las variables .....	40
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>41</b>
4.1. Tipo y Método de la Investigación.....	41
4.1.1. Tipo.....	41
4.1.2. Método.....	41
4.2. Enfoque cuantitativo .....	41
4.3. Población de Estudio.....	42
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos .....	43
4.4.2. Instrumentos .....	44
4.5. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	44
4.6. Procedimientos para la Recolección de Datos .....	44
4.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....	45
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACION Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
5.1. DEFINIR: Descripción de La realidad y Definición de Problemas.....	49
5.2. MEDIR.....	74

5.2.1. Takt Time .....	74
5.2.2. Tablas de Tiempos.....	75
5.2.3. Diagrama de Análisis de Proceso - DAP.....	77
5.3. ANALIZAR .....	78
5.3.1. Diagrama Ishikawa.....	78
5.3.2. Diagrama de Pareto .....	79
5.3.3. Layout Actual .....	80
5.3.4. Value Stream Mapping (As Is).....	83
5.3.5. Simulación del Escenario Actual.....	88
5.3.6. Variable de análisis: Tiempo de ciclo de ¼ de tijeral.....	89
5.4. MEJORAR .....	91
5.4.1. Propuesta de Solución al Cuello de Botella .....	91
5.4.2. Flujo de la Fabricación y Armado en forma Célula .....	93
5.4.3. Diagrama Relacional de Actividad de la Solución Propuesta .....	94
5.4.4. Layout de la Solución Propuesta .....	95
5.4.5. Diagrama de Hilos de la Solución Propuesta .....	97
5.4.6. Planificación y Programación de la Ejecución de la Solución .....	98
5.4.7. Simulación de la Ejecución de la Solución Propuesta.....	104
5.4.8. Comparativo del tiempo de ciclo de producción de cuartos de tijeral .....	106
5.4.9. Value Stream Map de la Solución (To be) .....	107
5.4.10. Capacidad de Producción Real vs Capacidad de Producción Propuesta...	112
5.4.11. Resumen de Resultados .....	113
5.5. CONTROLAR .....	113
5.5.1. Desarrollo de las Hipótesis Estadísticas .....	113
5.5.2. Prueba de Hipótesis .....	117
5.5.3. Plan de Implementación .....	119
5.5.4. Análisis Económico.....	124

5.5.5. Tabla Resumen de Resultados.....	125
CONCLUSIONES.....	126
RECOMENDACIONES.....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	129
ANEXOS.....	131
Anexo 1: Matriz de Consistencia .....	131
Anexo 2: Presupuesto del proyecto.....	132
Anexo 3: Carta de Presentación .....	133
Anexo 4: Validez del instrumento de Investigación .....	134
Anexo 5: Encuesta para Levantamiento de Información .....	135

## ÍNDICE TABLAS

Tabla N°1: Matriz de Operacionalización .....	40
Tabla N°2: Instrumentos de Recolección de Datos .....	44
Tabla N°3: Cuadro de DMAIC .....	48
Tabla N°4: Cantidad de personas por proceso.....	53
Tabla N°5: Tiempos para el proceso de fabricación por cuarto de tijeral .....	75
Tabla N°6: Tiempos para el proceso de acabado por cuarto de tijeral .....	77
Tabla N°7: DAP del Proceso de Fabricación.....	78
Tabla N°8: DAP del Proceso de Acabado .....	78
Tabla N°9: Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral de los procesos .....	86
Tabla N°10: Código de Razones y Cercanía .....	94
Tabla N°11: Gráfico de Relación de actividades.....	94
Tabla N°12: Resumen de Gráfica relacional .....	95
Tabla N°13: Planificación de la fabricación de cuartos de tijeral - Habilitado .....	99
Tabla N°14: Planificación de la fabricación de cuartos de tijeral - Armado .....	100
Tabla N°15: Planificación de la fabricación de cuartos de tijeral - Soldado .....	101
Tabla N°16: Planificación del acabado de cuartos de tijeral - Arenado .....	101
Tabla N°17: Planificación del acabado de cuartos de tijeral – Pintado Base .....	102
Tabla N°18: Planificación del acabado de cuartos de tijeral – Pintado Final.....	103
Tabla N°19: Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral de los procesos.....	110
Tabla N°20: Variación Capacidad de Producción .....	112
Tabla N°21: Variable Independiente y Dependiente de la Hipótesis 1 .....	115
Tabla N°22: Variable Independiente y Dependiente de la Hipótesis 2 .....	116
Tabla N°23: Planificación para la ejecución y control de producción de tijerales .....	120
Tabla N°24: Flujo económico de la solución propuesta.....	124
Tabla N°25: Cuadro de resumen de resultados.....	125



## ÍNDICE FIGURAS

Figura N°1: Exportaciones Totales del sector metalmeccánico de la alianza del pacífico	3
Figura N°2: Principales productos peruanos de exportación del sector metalmeccanico ..	3
Figura N°3: Evolución de las exportaciones del sector metalmeccánico .....	4
Figura N°4: Participación de los Países destino del sector metalmeccánico.....	5
Figura N°5: Diagrama de Ishikawa de la demora en la producción. ....	7
Figura N°6: Gráfico de Pareto de proyectos de estructuras metálicas.....	7
Figura N°7: Pasos para la implementación de la Manufactura Esbelta .....	15
Figura N°8: Adaptación actualizada de la Casa Toyota .....	18
Figura N°9: Implementación JIT .....	26
Figura N°10: Diagrama de Hilos .....	30
Figura N°11: Diagrama relacional de actividades .....	30
Figura N°12: Códigos de proximidad .....	31
Figura N°13: Símbolos de diagrama de flujo .....	34
Figura N°14: Diagrama de Causa – Efecto.....	35
Figura N°15: Diagrama de Pareto de proyectos de estructuras metálicas .....	42
Figura N°16: Ciclo de DMAIC.....	46
Figura N°17: Manera de recepción de la materia prima para la fabricación. ....	49
Figura N°18: Manera de recepción de la materia prima en el acabado. ....	50
Figura N°19: Manera de producción de tijerales en la fabricación. ....	52
Figura N°20: Manera de producción de tijerales en el acabado. ....	52
Figura N°21: Problemas en la fabricación de tijerales. ....	53
Figura N°22: Problemas en el acabado de tijerales. ....	54
Figura N°23: Herramientas adecuadas en la fabricación de tijerales. ....	54
Figura N°24: Herramientas adecuadas en el acabado de tijerales. ....	55
Figura N°25: Plano de Esquema de tijeral.....	58
Figura N°26: Plano de Conexiones.....	59
Figura N°27: Plano de Conexiones.....	60
Figura N°28: Plano de Cerramiento Lateral Típico, detalles.....	61
Figura N°29: Plano de Conexiones.....	62
Figura N°30: Recepcion de materia prima. ....	63
Figura N°31: Habilitado de piezas.....	63
Figura N°32: Corte de la materia prima.....	63

Figura N°33: Trazado de la matriz. ....	64
Figura N°34: Armado del tijeral. ....	64
Figura N°35: Apuntalado del armado del tijeral.....	64
Figura N°36: Soldado de tijerales.....	65
Figura N°37: Arenado de tijerales. ....	65
Figura N°38: Limpieza del tijeral despues de arenar.....	65
Figura N°39: Pintado base. ....	66
Figura N°40: Pintado final.....	66
Figura N°41: Pintado final.....	66
Figura N°42: Caballetes.....	67
Figura N°43: Camión Grúa.....	67
Figura N°44: Pintura.....	67
Figura N°45: Maquina arenadora. ....	68
Figura N°46: Maquina de pintado. ....	68
Figura N°47: disco de corte. ....	68
Figura N°48: Flujograma del proceso de Fabricación.....	71
Figura N°49: Flujograma del proceso de Acabado.....	73
Figura N°50: Diagrama de Ishikawa de la demora en la producción. ....	79
Figura N°51: Gráfico de Pareto de los procesos de Producción.....	80
Figura N°52: Distribucion Real de la Produccion. ....	81
Figura N°53: Layout Real de la Produccion.....	82
Figura N°54: VSM del Proyecto Producción de Tijerales.....	84
Figura N° 55: Simbología del VSM ....	85
Figura N°56: Tabla de T-student. ....	88
Figura N°57: Escenario actual de la producción de tijerales.....	89
Figura N°58: variación del tiempo de ciclo en simulación.....	89
Figura N°59: Histograma del porcentaje de tiempos de ciclos en un rango de tiempo..	90
Figura N°60: Tiempo de duración de producción de tijerales, escenario actual .....	90
Figura N°61: Tiempo Promedio de duración por cuarto de tijeral, escenario actual.....	91
Figura N°62: Cotización de máquinas de soldar .....	92
Figura N°63: Flujo de Fabricación y Armado en forma de célula.....	93
Figura N°64: Layout en Celulas del Proyecto Beta.....	96
Figura N°65: Diagrama de hilos del proyecto Beta.....	97
Figura N°66: Codificación del diagrama de hilos del proyecto Beta .....	98

Figura N°67: Simbología de los procesos del diagrama de hilos del proyecto Beta.....	98
Figura N°68: Escenario propuesto de la producción de tijerales.....	104
Figura N°69: variación del tiempo de ciclo en simulación.....	105
Figura N°70: Histograma de tiempos de ciclos rango de tiempo. ....	105
Figura N°71: Duración del proyecto de producción de tijerales, escenario propuesto.	105
Figura N°72: Tiempo Promedio de duración por cuarto de tijeral, escenario actual....	106
Figura N°73: Comparativo de escenarios .....	106
Figura N°74: Comparativo de escenarios .....	107
Figura N°75: VSM Futuro del Proyecto Beta.....	108
Figura N°76: Simbología del VSM .....	109
Figura N°77: Matriz de Tucman.....	114
Figura N°78: Coeficiente de Determinación de Variables de la Hipótesis 1.....	115
Figura N°79: Coeficiente de Determinación de Variables de la Hipótesis 2.....	117

## RESUMEN

La presente investigación trató del problema que se encontró en el proceso de fabricación y acabado de estructuras metálicas, y consistió en constantes retrasos en la producción de estructuras metálicas que no permitían cumplir con el plazo de entrega ofrecido por lo cual generaba insatisfacción por parte del cliente.

El objetivo planteado para la investigación consistió en incrementar la capacidad de producción de estructuras metálicas para reducir el tiempo de ciclo del proceso, el alcance tuvo que ver con la producción de tijerales para la construcción y sostenimiento de la cobertura del edificio de la nave de planta.

La hipótesis que se planteó para la investigación se focalizó en incrementar la capacidad de producción de tijerales y así reducir el tiempo de ciclo, la variable independiente por tanto es la capacidad de producción y la variable dependiente es el tiempo de ciclo de cada cuarto de tijeral.

La metodología que se empleó se basó en la recolección de datos de la situación actual para que a su vez esta se pueda simular en el software Promodel, a fin de obtener el tiempo de ciclo de fabricación y acabado de cada cuarto de tijeral, y con la aplicación de diversas herramientas del enfoque de Lean Manufacturing proponer una solución que incluye: seis nuevas máquinas de soldar de alta frecuencia, una re-distribución de planta, layout, nivelado del flujo de producción acercándose al takt time, programación previa de toda la carga y flujo de trabajo para el proyecto y ejecución de la programación de la solución mediante el software Promodel y así obtener una reducción del tiempo de ciclo de producción de cada cuarto de tijeral.

Se obtuvo como resultado una reducción del tiempo de ciclo de 95 días en la situación real a 18 días con la solución propuesta, además de tener un valor actual neto favorable para la empresa. Lo cual quiere decir que el enfoque lean manufacturing permite reducir el tiempo de ciclo y generar valor y satisfacción para el cliente

**Palabras clave:** Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, planificación y layout de planta.

## ABSTRACT

The present investigation dealt with the problem that was found in the process of manufacturing and finishing metal structures, and consisted of constant delays in the production of metal structures that did not allow to meet the delivery time offered, which generated dissatisfaction on the part of the client.

The objective set for the research was to increase the production capacity of metal structures to reduce the cycle time of the process, the scope had to do with the production of trusses for the construction and maintenance of the covering of the plant hall building.

The hypothesis that was raised for the research focused on increasing the production capacity of scissors and thus reducing the cycle time, the independent variable is therefore the production capacity and the dependent variable is the cycle time of each quarter of the scissors.

The methodology used was based on data collection of the current situation so that this in turn can be simulated in the Promodel software, in order to obtain the manufacturing and finishing cycle time of each quarter of truss, and with the application of various tools of the Lean Manufacturing approach propose a solution that includes: six new high-frequency welding machines, a re-distribution of the plant, layout, leveling of the production flow approaching takt time, previous programming of the entire load and workflow for the project and execution of the programming of the solution through the Promodel software and thus obtain a reduction in the production cycle time of each quarter of the truss.

The result was a reduction of the cycle time from 95 days in the real situation to 18 days with the proposed solution, in addition to having a favorable net present value for the company. Which means that the lean manufacturing approach allows reducing cycle time and generating value and customer satisfaction.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, plant planning and layout.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata de cómo incrementar la capacidad de producción de tijerales de tal manera de reducir el tiempo de ciclo de una empresa del sector metalmeccánico, que produce estructuras metálicas. Esta investigación se ha realizado porque es un problema común que no cumplan con el plazo de ejecución de proyectos de producción de tijerales, lo que trae como consecuencia que el cliente tenga que demorar la ejecución de proyectos complementarios más allá de lo planeado, generando pérdidas por sobrecostos e insatisfacción en el cliente, lo que finalmente afecta a los proveedores involucrados porque no tendrán buenas referencias del cliente hacia otros potenciales, lo que afectará al número de proyectos que puede ejecutar en el futuro.

La estructura de la presente tesis es la siguiente:

Capítulo I: Se expone el planteamiento del problema general, problemas específicos, los objetivos generales y específicos de la investigación, así como la delimitación de esta investigación tanto espacial, temporal y temática, incluida la justificación e importancia del estudio, la cual estará conformada por la justificación teórica, práctica, social, económica y metodológica.

Capítulo II: Se expone el marco teórico del proyecto, teniendo en cuenta el marco histórico, bases teóricas vinculadas a la variable de estudio y la definición de términos básicos.

Capítulo III: Se expone la hipótesis general, hipótesis específica, definición conceptual de las variables y la operacionalización de las variables.

Capítulo IV: Se hace mención al tipo, método de investigación, enfoque cuantitativo, población de estudio, diseño muestral, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimientos para la recolección y técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo V: Se desarrolla la definición del problema y casuística de la organización objeto de estudio, la medición del problema definido empleando estudios de tiempos, el análisis de la información recaba en la etapa de medición empleando herramientas de ingeniería industrial, en la etapa de mejorar se propone una nueva forma de trabajo como resultado del análisis, en la etapa de controlar se verifica las hipótesis específicas 1 y 2, empleando una herramienta estadística y se desarrolla también un plan propuesto para la implementación de la mejora propuesta.

Finalmente, el trabajo termina con las conclusiones, recomendaciones y anexos.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS.**

La magnitud del sector metalmeccánico radica en su relación con otras industrias, ya que provee bienes intermedios y bienes finales de capital a la industria manufacturera, automotriz, agrícola, minera y construcción. Por esta razón, los países mejor desarrollados industrialmente presentan un dinámico sector de metalmeccánica. Además, este sector engloba todo lo relacionado con la industria metálica del petróleo, térmica y cementera.

En ese contexto, el sector constituye un eslabón fundamental dentro de la industria, no solo por sus funciones, sino también por su articulación con distintos sectores. Entre los países más desarrollados en la rama metalmeccánica se encuentran Estados Unidos, Japón, China, Alemania y España, los cuales mantienen filiales multinacionales en varias naciones para la importación de las maquinarias y la puesta en marcha de su tecnología de vanguardia, para un mayor desarrollo industrial.

En el sector metalmeccánico en el ámbito regional, el Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la CCL (Idexcam) analizó el comportamiento de este sector, clave para el desarrollo de nuestra economía. Tras revisar la información oficial de la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria (Sunat), se observa que las exportaciones del sector Metalmeccánico en los años 2017 – 2018 han registrado un crecimiento promedio de 14,4%, dejando en claro que es uno de los sectores que ha ayudado a recuperar el crecimiento sostenido de nuestras exportaciones totales registradas en años anteriores. Otro dato importante sobre el sector es que en los años 2017 – 2018 el número de empresas exportadoras aumentó en promedio 5%. Los mercados de destino para estos productos son Estados Unidos, Chile, Ecuador, Bolivia, México, Colombia y Brasil, los cuales representan el 75% de los destinos de las exportaciones totales peruanas del sector Metalmeccánico.

2014 - 2018  
Valor expresado en miles de US\$

PAÍSES	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
MÉXICO	246.927,817	251.790,512	247.362,315	270.190,703	295.384,481
COLOMBIA	1.866,075	1.767,820	1.829,054	1.864,154	1.956,427
CHILE	3.155,148	2.478,206	2.442,415	2.471,706	1.508,680
PERÚ	608,172	554,017	468,423	537,571	613,346

Figura N°1: Exportaciones Totales del sector metalmecánico de la alianza del pacífico  
Fuente: Trademap

Partiendo de esta información, se desarrolló también un análisis de las exportaciones peruanas del sector frente a los países miembros de la Alianza del Pacífico, donde se compararon los montos y la cartera de productos de exportación. Las exportaciones peruanas del sector Metalmecánico se ubicaron en el último lugar del bloque, siendo México el país líder en exportación de productos industriales con el 98,64% de participación en el año 2018.

2014 - 2018  
Valor expresado en miles de US\$

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018
Acumuladores de plomo, de los tipos utilizados para arranque de motores de émbolo "pistón"	5.025	7.464	5.216	12.633	16.268
Tapones, tapas, incl. las tapas roscadas y los tapones vertedores, cápsulas para botellas	5.232	3.617	7.054	10.774	11.444
Grupos electrógenos con motor de émbolo "pistón"	15.958	9.358	8.925	10.728	8.351
Bolas y artículos simil. para molinos, de hierro o acero	5.951	8.512	4.404	10.658	13.788
Vehículos automóviles para transporte de >= 10 personas, incl. el conductor, con motor de émbolo	25.146	14.883	16.484	14.002	20.217

Figura N°2: Principales productos peruanos de exportación del sector metalmecánico  
Fuente: Trademap

El sector metalmecánico en el ámbito local, ComexPerú (2018), indicó:

Los envíos pertenecientes al sector metalmecánico ascendieron a US\$ 383 millones en el 2018, monto que representa un crecimiento del 16% y coloca a este sector como el tercero de mayor crecimiento. Asimismo, este resultado muestra la recuperación del sector, pues es el segundo año consecutivo con crecimiento positivo, luego de cinco años de caídas.





Figura N°3: Evolución de las exportaciones del sector metalmeccánico  
Fuente: Sunat

Finalmente, de acuerdo con el Informe Técnico de Producción Nacional de octubre, del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se augura que el desempeño de la industria de bienes intermedios, que incluyen la mayoría de los productos de los sectores químico y metalmeccánico, continuará siendo positivo gracias a la mayor demanda interna y externa. Todo esto refuta la hipótesis de que una apertura al comercio nos iba a volver exportadores primarios, pues nuestras exportaciones no tradicionales continúan en crecimiento. Le toca al Gobierno promover medidas que favorezcan la productividad y eviten los sobrecostos logísticos para ser más competitivos y generar crecimiento y empleo formal.

Centro de Comercio Exterior (CCEX) (2019), indicó:

Las exportaciones peruanas, de este importante sector productivo, tienen como principales subsectores a los aparatos eléctricos, aparatos mecánicos, manufacturas de metal y vehículos automotores. Con este ámbito de productos en mención, el Centro de Comercio Exterior (CCEX) de la Cámara de Comercio de Lima ha identificado oportunidades comerciales con una tendencia positiva para la exportación a diferentes países de Sudamérica tales como Chile, Colombia, Brasil, Argentina y Venezuela.

#### PARTICIPACIÓN DE LOS PAÍSES DESTINO SECTOR METAL MECÁNICA

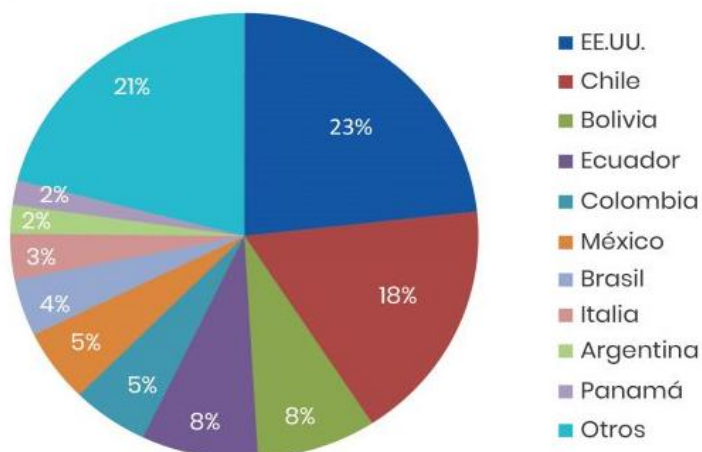


Figura N°4: Participación de los Países destino del sector metalmeccánico

Fuente: Camtrade Plus

A inicios del presente año el mundo entero viene siendo golpeado por una pandemia que es generada por el virus Covid-19. La industria metalmeccánica peruana, un sector fuertemente vinculado a la minería y a la inversión pública, hoy también disputa su propio partido para recuperarse del impacto del COVID-19 en la economía peruana. El sector metalmeccánico fue incluido en la fase 1 de la reactivación de la economía, sin embargo, para el mes de julio de este año la industria metalmeccánica peruana tenía la meta de operar a un 50% de su capacidad, sin embargo, ahora se encuentran por debajo de esa cifra (entre 35% y 40%), lo que hará que los planes de reactivación de este sector sean lentos.

La industria metalmeccánica se encontraba en la Fase 1 de la reactivación económica (mayo) y desde ese entonces las empresas del rubro empezaron a trabajar, pero ello vino con diversas dificultades para operar debido a los protocolos sanitarios de seguridad que las empresas deben cumplir. Una de ellas es que se debe trabajar con un aforo del 40%, en tanto similar situación se observa en otras actividades económicas.

Es importante mencionar que la Asociación de Centros Comerciales y de Entretenimiento del Perú (ACCEP) tenía previsto invertir cerca de S/ 900 millones este año en la implementación de nuevos comerciales, en ampliaciones y

remodelaciones. Ahora esa cifra será menor puesto que los proyectos con obras en cursos recién se abrirían en el último trimestre del 2020.

A pesar que en las exportaciones del sector metalmecánico se han mantenido en un nivel relativamente estable antes del COVID-19, en el mercado interno los servicios de fabricación y acabado de estructuras metálicas han presentado demoras en los tiempos de entrega en ciertas empresas, antes y después de la pandemia, debido a falta de capacidad de producción, por ejemplo, en la empresa objeto de estudio se ha identificado que hay un alto índice de insatisfacción del cliente debido a que no se están cumpliendo los tiempos de entrega de los proyectos con los clientes, esto debido a que en la fabricación de estructuras metálicas se tiene demora en los tiempos de entrega por parte de los proveedores.

Adicional también se están presentando demoras para la realización del acabado; ya que no se cuenta con espacio suficiente y se tiene que improvisar un módulo para el área de arenado y pintado, también errores de medición en el espesor de la pintura dando lugar a utilizar más pintura de lo planificado.

En la figura N°5 se aprecia el diagrama el Ishikawa el cual está conformado en cuatro categorías:

Mano de obra: Demora para obtener personal calificado, escasa planificación del recurso humano.

Materiales: Inadecuada planificación de materiales, materiales insuficientes.

Método: Demora para la realización del acabado, habilitación de herramientas y mesas de trabajo, creación de módulo para el arenado y pintado. Pérdida de pintura en estructura, Reposo inadecuado para el secado.

Medida: Error de medición en espesor de pintura.

Todas las causas mencionadas anteriormente dan como resultado el incumplimiento con el tiempo de entrega de proyectos. Ver figura N°5.

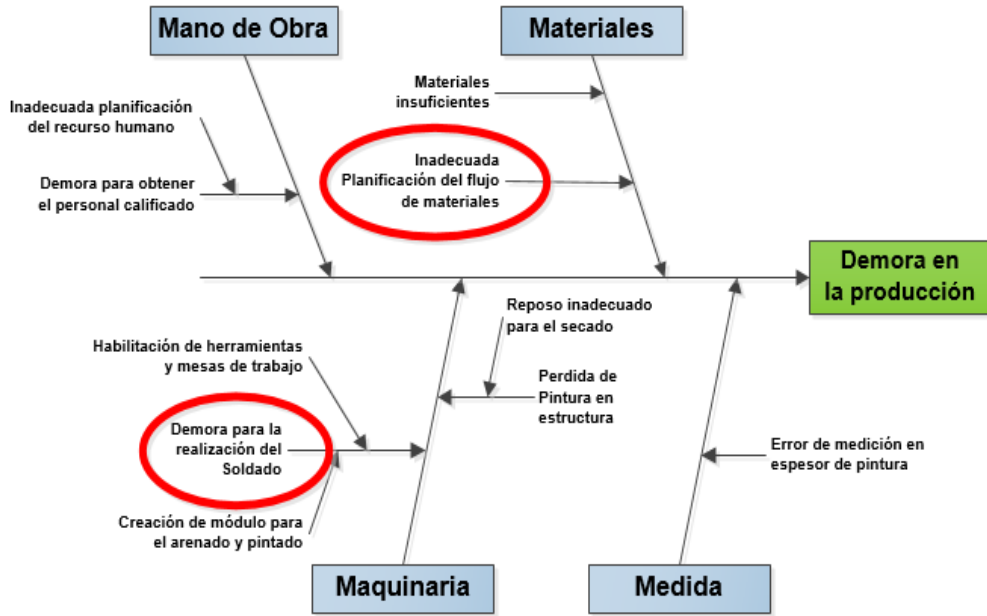


Figura N°5: Diagrama de Ishikawa de la demora en la producción.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°6 se aprecia el diagrama de Pareto, el cual es un diagrama bidimensional conformado por barras las cuales indican que en los proyectos de estructuras metálicas muestra mayor porcentaje el proyecto Beta ejecutado en la ciudad de chincha, en donde se presentó demoras en la fabricación de estructuras metálicas ocasionando la insatisfacción del cliente. Ver Figura N°6.

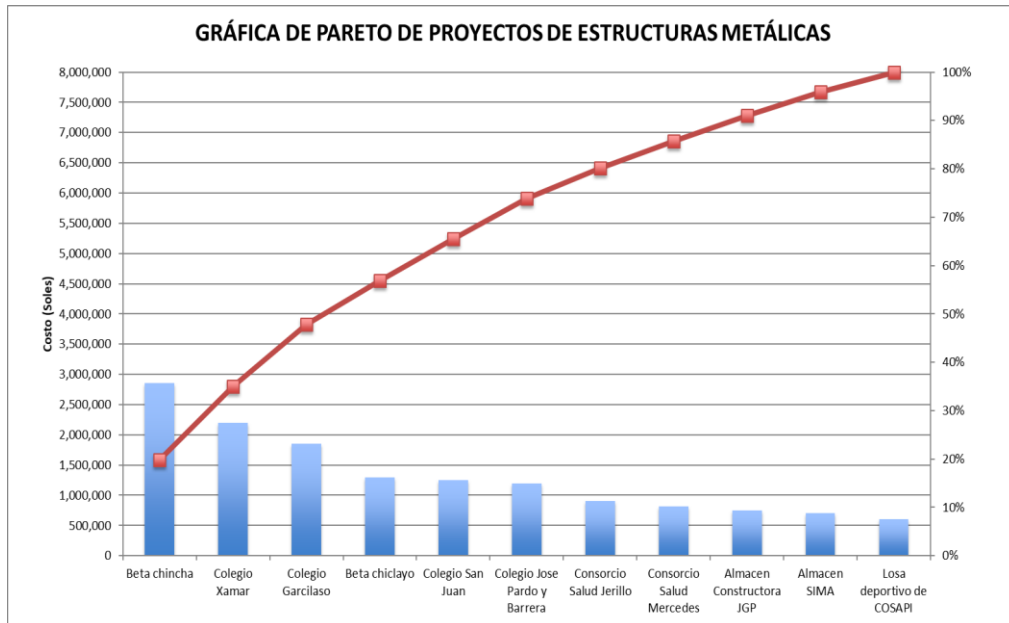


Figura N°6. Gráfico de Pareto de proyectos de estructuras metálicas.  
Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.1. Problema General:

¿Cómo mejorar la capacidad de producción de una empresa de estructuras metálicas?

### 1.1.2. Problemas Específicos:

- a) ¿Cómo mejorar la capacidad de producción en el proceso de fabricación de una empresa de estructuras metálicas?
- b) ¿Cómo mejorar la capacidad de producción en el proceso de acabado de una empresa de estructuras metálicas?

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo General

Mejorar la capacidad de producción de una empresa de estructuras metálicas.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Mejorar la capacidad de producción en el proceso de fabricación de una empresa de estructuras metálicas.
- b) Mejorar la capacidad de producción en el proceso de acabado de una empresa de estructuras metálicas.

## 1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1. Delimitación espacial

La presente tesis se realiza en una empresa fabricante de estructuras metálicas, ubicada en Panamericana Sur km 305 en el distrito del Carmen, en la provincia de Chincha, en el departamento de Ica.

La tesis se delimita a los procesos de fabricación y acabado.

### 1.3.2. Delimitación temporal

La presente investigación sólo alcanza o comprende el año de operación de la empresa (junio 2018 a mayo 2019).

### 1.3.3. Delimitación temática

La delimitación temática de la presente tesis es determinar si el de optimizar el tiempo de fabricación con enfoque de Lean Manufacturing permita optimizar el tiempo de ciclo de estructuras metálicas.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

### 1.4.1. Importancia

Según Bernal la orientación de las investigaciones dirigidas a solucionar problemas, necesariamente, deben mostrar los fundamentos o motivos que justifican la investigación, además de delimitar su dimensionamiento y corroborar su viabilidad. (Bernal, 2010)

En esta investigación, los fundamentos de su importancia radican en la necesidad de mejorar el nivel de servicio y la satisfacción del cliente reduciendo el tiempo de entrega de los proyectos de estructuras metálicas, mediante el incremento de la capacidad de fabricación, esto posibilita que el cliente pueda ocupar la planta y cumplir con sus planes de venta, a la vez que la contratista que ejecuta el proyecto reduzca sus costos e incrementar utilidades por terminar a tiempo.

### 1.4.2. Justificación Práctica

Se tendrá una justificación practica cuando al desarrollar la investigación esta propone soluciones mediante estrategias a problemas señalados. (Bernal, 2010)

El actual proyecto de investigación presenta una alternativa de solución al problema de incrementar la capacidad de fabricación y acabado de las estructuras metálicas, a fin reducir el tiempo de ejecución del proyecto, y cumplir con el cronograma de actividades ofrecido al cliente, esto redundará también en mejorar la satisfacción del cliente por el servicio de ejecución de proyecto.

#### 1.4.3. Justificación Económica

Para que las empresas puedan mejorar su nivel de beneficios se debe establecer objetivos claros y bien definidos. (Bernal, 2010)

En los proyectos el cumplimiento del tiempo de ejecución se convierte en un objetivo claro y preciso, debido a que superarlo, en primer lugar, implica no cumplir con lo ofrecido al cliente, lo que a su vez puede implicar pérdidas económicas al postergarse las actividades que el cliente ha establecido previamente desarrollar una vez culminado el proyecto.

Pero también, puede significar pérdidas económicas para la empresa contratista que ejecuta el proyecto, puesto que el presupuesto preparado considera que el proyecto no exceda sus límites de tiempo, lo cual incrementaría el costo de ejecución y reduciría las utilidades para sus propietarios.

Pero no solo el mayor costo por el mayor tiempo de ejecución podría reducir las utilidades de la empresa contratista, además la misma contratista podría estar sujeta a multas o penalidades que el cliente ejercería por no haber cumplido con el cronograma ofrecido, lo cual reduciría aún más las utilidades de la empresa contratista.

#### 1.4.4. Justificación Social

En toda investigación su alcance social dependerá de las preguntas que se planteen a resolver. (Hernández, 2014)

El incrementar la capacidad del servicio de fabricación y acabado de estructuras metálicas, reducirá el tiempo de ciclo, lo cual permitirá cumplir a tiempo con los proyectos, disminuyendo los costos e impactando positivamente en la utilidad de la empresa, la misma que podrá utilizarse para realizar beneficios o incentivos económicos y sociales para los trabajadores, o realizar re-inversión en potenciar las operaciones de la empresa, de modo que incrementarán positivamente el bienestar de ellos y sus familias.

#### 1.4.5. Justificación Teórica

Cuando una investigación permite debatir y reflexionar los conocimientos actuales y así cotejar la teoría con los resultados se justifica teóricamente. (Bernal, 2010)

Esta investigación pretende poner a prueba la tradicional forma de ejecución de la fabricación y acabado de estructuras metálicas, para ser reemplazada por una metodología de fabricación denominada lean manufacturing, a fin de confrontarla con la forma tradicional de realizar dichos procesos, contrastando sus resultados con los resultados de su forma tradicional de ejecutar los procesos indicados, como parte de reflexión y debate para poner a prueba los conocimientos actuales.

#### 1.4.6. Justificación Metodológica

Al proponer una nueva manera o método que permita otorgar la confiabilidad y validez del conocimiento, entonces se dice que la investigación posee justificación metodológica. (Bernal, 2010)

No es usual la aplicación de los principios y herramientas de lean manufacturing en proyectos similares al objeto de estudio, entonces su aplicación a manera de prueba en la presente investigación, permitirá incrementar la confiabilidad y validez de dichos principios y herramientas metodológicas la cual serán para lograr el objetivo planteado en la presente investigación.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. MARCO HISTÓRICO (ANTECEDENTES)

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Morales, D. (2019). En su tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico titulada “Optimización del proceso de montaje de estructuras en una refinería”. Universidad de Piura, Piura, Perú, presento una propuesta para reducir el tiempo que se realiza para el montaje de estructuras, así como, personal, equipo y otros recursos, para ello empleo nuevas técnicas para el montaje y procedimientos para su ejecución. Se implementó una nueva manera de ejecutar el montaje de estructuras metálicas empleando nuevas herramientas y técnicas para el montaje utilizando software en 3D. la finalidad de la tesis es tener una mejor presencia competitiva en su rubro.

Gabriel, Y. (2016). En su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico titulada “Diseño de un proceso de fabricación de estructura metálica en la empresa metal mecánica Fixer servicios Generales S.A.C.”. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, presento una propuesta para mejorar la producción en la fabricación de estructuras metálicas debido a que la empresa se suscitaba recurrentemente problemas ocasionando retrasos para el cumplimiento de los plazos de los proyectos. Dispone realizar un reestructurado del proceso de fabricación respetando el enfoque de la producción y las operaciones empleando herramientas de planificación, organización y control. La finalidad de la tesis es diseñar un proceso de fabricación que esté acorde con las exigencias del mercado.

Sascó, S. (2019). En su tesis para optar el título profesional de Ingeniería Industrial titulada “Análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de Lean Manufacturing en la línea de acabados de la construcción en una empresa fabricante de productos plásticos”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, presento una propuesta para mejorar la línea de productos plásticos para así mejore la calidad del producto, disminuyendo los costos y tiempos de entrega. Emplea herramientas de Lean Manufacturing como SMED, 5S,

Mantenimiento Autónomo y Andon, para poder obtener mejores indicadores de eficiencia. La finalidad de la tesis es la optimización de los procesos productivos, uso de equipos y RRHH.

### 2.1.2. Antecedentes Internacionales

Gavidia, A., Subía, A. (2015). En su tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Mecánica, titulada “Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo”, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, en donde se identificó la necesidad de un análisis de fabricación y montaje para edificios de estructuras metálicas, se tomaron en cuenta los componentes estructurales como vigas, columnas perfiles cuadrados, arriostres, maquinarias entre otros que se emplearan en la fabricación y montaje del edificio mencionado. La finalidad realizar el proyecto con el mejor costo posible y teniendo un adecuado procedimiento de trabajo de fabricación y montaje de estructuras de acero

Cordero, D. (2015). En su tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, titulada “Incorporación de conceptos de la metodología Lean en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, Tecnológico de Costa Rica, se presentó una propuesta para la mejora y optimización de un sistema de producción para establecer y suprimir los desperdicios. Para ello, emplea herramientas de Lean Manufacturing para poder identificar las causas que conllevan a tener problemas de calidad y finalización de proyecto. Con la finalidad de que la empresa este mejor posicionada en su rubro.

Ruiz, J. (2016). En su tesis para optar el grado de Master en Ingeniería Aeronáutica, titulada “Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria”, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla, España, presenta una propuesta para reducir tiempos de producción y entrega de producto final para problemas que se presentan recurrentemente para una empresa del sector agroalimentaria, para ello se propuso la implementación de la metodología de Lean Manufacturing. Con la finalidad de posicionar a la empresa en su rubro.

## 2.2.BASES TEÓRICAS VINCULADAS A LA VARIABLE DEL ESTUDIO

### 2.2.1.Lean manufacturing

Lean Manufacturing fue desarrollado por el método de producción de la empresa Toyota de origen japonés por los señores Taiichi Ohno y Shigeo Shingo. También debemos mencionar que la expresión Lean Manufacturing es muy empleada y puesta en práctica en el entorno empresarial a diferencia del español que no existe una expresión o término ideal para que pueda ser considerado, por lo cual varios autores emplean distintos nombres para su comprensión utilizan diferentes nombres como proceso esbelto o manufactura esbelta.

Hernández (2013) explica que:

“El origen de Lean Manufacturing se encuentra en el momento en que las empresas japonesas adoptaron una cultura, consistente en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y línea de fabricación, todo ello en contacto directo con los problemas y contando con la colaboración involucración y comunicación plena con los directivos, mandos y operarios”. (p.56)

También otros autores exponen las diferencias y similitudes al definir el concepto de Lean Manufacturing.

“El objetivo primordial de la manufactura esbelta es minimizar el desperdicio o Muda (palabra japonesa, cuyo significado es desperdicio), el cual es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar”. (Villaseñor, 2007, p.46).

Este autor también nos indica que la manufactura esbelta cuenta con un principio de 5 pasos para su adecuación en las empresas, ver la figura N°7.

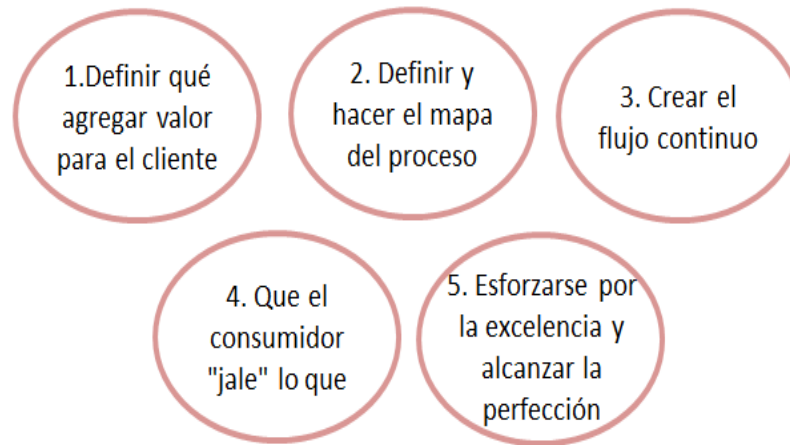


Figura N°7: Pasos para la implementación de la Manufactura Esbelta  
Fuente: Elaboración propia basado en Villaseñor, 2007

Según González, (2007) sobre el concepto de Lean:

“Filosofía enfocada a la reducción de desperdicios, además de señalar que Lean es un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación de muda, a la mejora en la calidad y a la reducción de tiempos y del costo de la producción” (p.62).

“los conceptos de proceso esbelto están enfocados en el flujo de los procesos y en reducir la cantidad de actividades que no agregan valor y que impiden el flujo” (Gutiérrez Pulido, 2010, p.26)-

“Lean Manufacturing es un sistema socio-tecnológico de mejoramiento de procesos, cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente” (Tejeda, 2011, p.08).

Según Tejeda (2011):

“para Lean lo más importante es el cliente, de nada vale fabricar de la manera más eficiente un producto que el cliente no quiera. Es por esto por lo que las empresas deben adaptarse a las demandas cambiantes de los clientes” (p.13).

Podemos concluir según las definiciones de Lean Manufacturing o Manufactura esbelta no es solamente una herramienta para mejorar la calidad se trata de una filosofía de trabajo que busca la excelencia, es una cultura de buen hábito laboral

que, al ser implementada en una empresa, se empieza por involucrar al personal de la organización para poder estar alineados todos en un mismo propósito.

Asimismo, esta metodología de trabajo se destaca por la eliminación de desperdicios y la generación de valor para el cliente. Para Lean la prioridad son los clientes y el enfoque hacia los procesos y sus flujos respectivos, por lo que cuando se analizan, estos son más adecuados para reconocer los desperdicios y poder agregar valor para el producto final.

Si una organización desea implantar y utilizar las herramientas de Lean Manufacturing se debe plantear una estructura de Lean manufacturing, los principios que deben seguirse, tipos de desperdicios existentes y la forma en que se deben identificar en la organización.

Lean manufacturing trata sobre la eliminación de desperdicios y el incremento de la velocidad y el flujo, su último objetivo es eliminar desperdicio de los procesos. (Thomas Goldsby y Robert Martichenko, 2005, p.4)

Lean Manufacturing es un enfoque de gestión que focaliza la organización en identificar y eliminar continuamente fuentes de desperdicios en los procesos y mejorarlos continuamente. (John Nicholas, 2011, p.3)

Lean manufacturing, en una palabra, es forma de mejoramiento continuo, basado en trabajo en equipo, que se focaliza en identificar y eliminar desperdicios, es decir actividades que no agregan valor desde visión del cliente. (Paul Meyerson, 2012, p. 2)

Lean manufacturing, en primer lugar, visualiza el proceso de fabricación perfecto, caracterizado por un flujo continuo de producción de una sola pieza o producto a la vez, organizado en célula, con máquinas muy cercanas, sin trabajo en proceso, donde cada operario hace más de una operación que resultan balanceadas (al mismo ritmo o tasa de producción), este proceso perfecto es el que tiene los mejores indicadores de desempeño.

En segundo lugar, la metodología lean manufacturing trata de realizar cambios, graduales y continuos en el tiempo, al proceso productivo actual, para que se

asemeje al flujo perfecto indicado, mediante las iniciativas de mejora continua llamadas kaizen, las cuales consisten en eliminar gradualmente los desperdicios o despilfarro del proceso, mediante el conjunto de herramientas de dicha metodología, que es todo aquello que no agrega valor, con el fin que el proceso de fabricación actual se parezca gradualmente al proceso perfecto indicado (John Nicholas, 2011, p.13)

La filosofía lean manufacturing opera de forma que su objetivo fundamental es el cliente y el flujo de valor hacia el mismo, su eficiencia se basa eliminar las tareas que no agregan valor, produciendo volúmenes ajustados a la demanda, con bajos costos eliminando desperdicios, con calidad asegurada en cada operación y niveles de stock muy bajos debido a la producción nivelada que impide acumulaciones del mismo. (John Nicholas, 2011, p.23).

#### 2.2.2. Estructura Lean Manufacturing

Como se sabe la filosofía Lean propone distintas herramientas y técnicas para la eliminación de desperdicios, por lo que para una mejor observación y entendimiento se desarrolló un esquema denominado la “Casa del sistema de producción Toyota”. De donde la cubierta de la casa está conformada por la excelencia de las operaciones que son metas pretendidas por la empresa, las dos columnas que soportan la cubierta son: JIT y Jidoka.

El JIT Es el abastecimiento de materias primas, al proceso inicial de producción, en el momento preciso en el que se va a procesar, solo en la cantidad que demanda el cliente, usualmente en un día o turno de acuerdo a lo solicitado por el Cliente, buscando flujo, sincronización y equilibrio. Jidoka, es por ejemplo cuando se proporciona a las máquinas y operadores la habilidad para detectar una condición anormal y esta haya ocurrido e inmediatamente se detiene el proceso o trabajo, para resaltar la causa raíz de los problemas y eliminarla, sobre todo liberar al recurso humano de estar simplemente viendo funcionar los equipos.

Según Hernández (2013):

“El esquema es una forma de trasladar al papel todas las facetas del sistema. Cada empresa, en función de sus características, experiencia, mercado, personal y objetivos debe confeccionar un plan de implantación

con objetivos acotados, seleccionando e implantando paso a paso las técnicas más adecuadas” (p.34)

Concluyendo con el autor, la casa solo representa un esquema que permite aproximar a los directivos de una empresa hacia la forma en que funciona el Lean manufacturing. Adicionalmente, se debe aclarar que cada empresa debe ver la mejor manera de implantar esta metodología y según los recursos con los que cuenta.

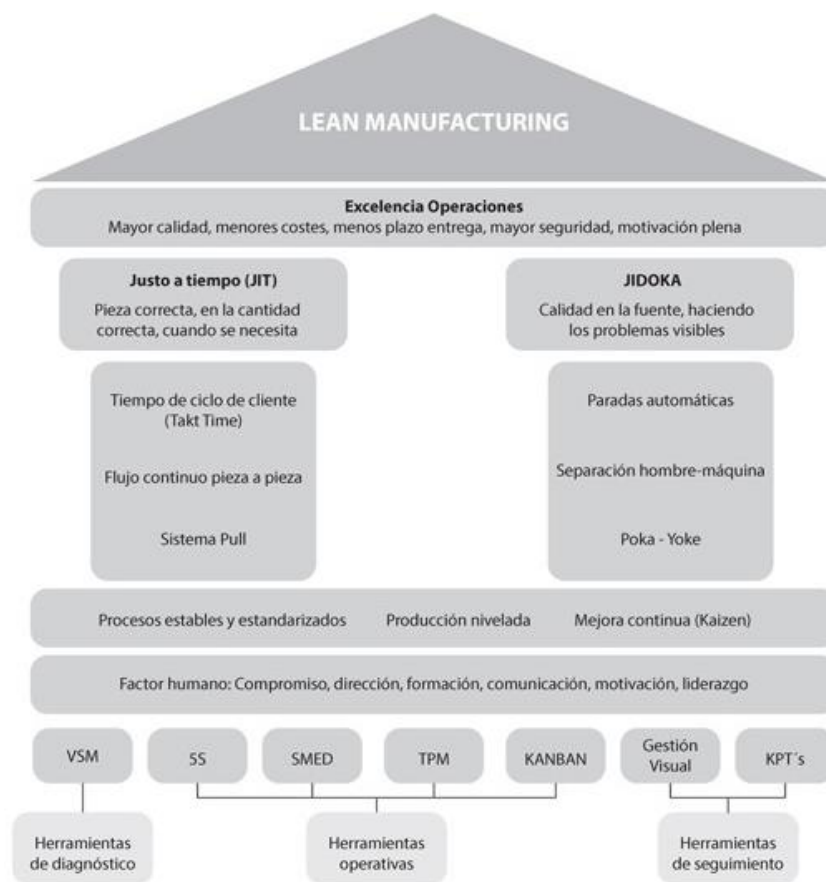


Figura N°8: Adaptación actualizada de la Casa Toyota  
Fuente: Hernández. C, 2013.

### 2.2.3. Elementos de Lean Manufacturing

Comprende los siguientes elementos:

- a) Simplificación, múltiples formas dadas para lograr un idéntico resultado, simple es mejor.

- b) Organización y limpieza, un puesto de trabajo limpio, organizado promueve la disciplina sobre el trabajo y los productos, reduce el desperdicio y ayuda a determinar con precisión el surgimiento de problemas.
- c) Visibilidad, disponibilidad de la información en forma visible capacita al que lo necesita para hacer mejor su trabajo, motiva a hacer las cosas correctas y elimina las actividades que no agregan valor
- d) Sincronización, regularidad y recurrencia de patrones del personal reduce la incertidumbre, incrementa el aprendizaje y permite mejorar el planeamiento y la acción hacia el cumplimiento de la demanda del cliente
- e) Agilidad, la demanda cambiante del cliente es un hecho real, las compañías deben ser capaces de adaptarse rápidamente a los cambios sin confiar en el inventario y otros medios inútiles.
- f) Medición, mejoramiento y esfuerzo por eliminación de desperdicios en un nivel que la compañía dependa de las personas, usando datos para evaluar donde se encuentran ellos ahora y donde ellos deberían estar y como lo harán.
- g) Reducción de la variación, reducción de la variabilidad por cada desviación del proceso desde los estándares, objetivos o expectativas resultantes en menos desperdicio de procesos y desempeño mejorado. (John Nicholas, 2011, p.85).

#### 2.2.4. Mejora continua

Para Hernández & Vizán (2013):

La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos maduros, aunque no tienen una aplicación real extendida. Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de las veces, lógico y de sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo. Las ventajas de su aplicación son patentes si consideramos que los estudios apuntan a que las empresas que



realizan un constante esfuerzo en la puesta en práctica de proyectos de mejora continua se mueven con crecimientos sostenidos superiores al 10% anual. (p.28)

Para Hernández & Vizán (2013):

Ante estas consideraciones es lógico concluir que la mejora continua es el pilar básico del éxito del modelo creado en Japón y es un factor fundamental a la hora de conseguir que los beneficios de implantación de cualquier herramienta Lean Manufacturing sean persistentes en el tiempo. (p.29)

#### 2.2.5. Tiempo de ciclo

Según García, Ángel (1998):

Conjunto ordenado de etapas elementales a realizar por un puesto en una unidad de producto que se ejecuta en un tiempo a determinar, estas etapas en las que se puede descomponer el ciclo deberán ser significativas y bien diferenciadas.

Cuando se trabaja a ciclo, el proceso queda sincronizado de manera que en cada momento cada uno de los operarios trabaja sobre una unidad de producto, transcurrido el tiempo del ciclo, cede su producto al puesto siguiente, al mismo tiempo que recibe uno nuevo del puesto anterior.

El valor del ciclo se puede mostrar así:  $\text{ciclo} = \text{jornada} / \text{producción}$

El concepto de unidad de producto no tiene por qué referirse a un solo producto físico, algunas veces conviene trabajar sobre dos o más productos al mismo tiempo para aumentar el rendimiento. (P.60)

#### 2.2.6. Capacidad de Producción

La capacidad de producción esta medida en función al máximo nivel de fabricación y en un determinado tiempo. (Render y Heizer, 2004), Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas (8ª Edición),

Se manifiesta en unidades enlazadas con periodos de tiempo: horas máquina diarias, horas hombre por semana, volumen anual, etc.

Esta expresión nos indica que un sistema productivo es capaz de atender la demanda o en caso quedara insatisfecha. También, estima si los equipos e instalaciones se mantienen inactivos o puedan haber sido empleados en su totalidad. Lo más idóneo sería que la empresa contase con una capacidad productiva flexible que le facilitara adaptarse a cambios en los volúmenes de producción. De tener una capacidad productiva superior a la requerida, esta perdería clientes potenciales. En caso que fuera menor que la requerida, se incurriría en un incremento a los costos de la producción existente.

Por eso se tendrá que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Predecir con exactitud la demanda. Es primordial para establecer la capacidad productiva, previamente haber estimado la demanda futura de los productos en el corto, mediano y largo plazo, esto implica determinar el nivel de venta por producto, es como si pudiera visualizar la demanda futura de los productos de la empresa, en función a eso preparar la capacidad de respuesta a esa demanda prevista.
- b) La tecnología y los incrementos de capital. Se busca reducir el número de opciones disponibles seleccionando la tecnología de producción en base a alternativas viables y rentables, en función a la demanda prevista, lo que implica analizar la capacidad de producción, la calidad, el personal, costos, y las oportunidades de ampliación futura de la tecnología seleccionada sin descartar la inicialmente comprada.
- c) Determinar el volumen óptimo de producción. La tecnología seleccionada tiene que considerar la reducción de costos unitarios a un nivel (volumen de producción) óptimo.
- d) Adaptación al cambio. Además, otro aspecto a considerar en la selección de la tecnología para determinar la capacidad de producción, es la flexibilidad

de la misma para poder fabricar a diferentes de producción con costos óptimos.

### 2.2.7. Capacidad Total

De acuerdo a Cuatrecasas (2012), la capacidad Operativa se refiere a la utilización de la infraestructura y conocimientos disponibles para fabricar productos o bienes y servicios que optimicen su uso, con el fin de lograr niveles de eficiencia y productividad.

El hecho de disponer de sistemas o procesos productivos que conduzcan a una mayor cantidad de producción o de ventas con menor costo o menor infraestructura, es un signo verídico de fortaleza estructural de una compañía. De hecho, es el elemento esencial de la competitividad que, si se acompaña del producto adecuado para el cliente, puede garantizar importantes retornos de largo plazo. Esta característica es indispensable para participar en mercados altamente competitivos y globalizados.

Los directores de operaciones están interesados en la capacidad por varias razones a saber:

1. Se desea tener capacidad suficiente para proveer a tiempo y en la cantidad de producción necesaria para satisfacer la demanda actual y futura del cliente.
2. La capacidad disponible afecta la eficiencia de las operaciones, incluyendo la facilidad o dificultad para programar la producción y los costos de mantenimiento de la instalación.
3. La consecución de una capacidad es una inversión para la organización y como se busca una buena recuperación, los costos y los ingresos derivados de una decisión sobre capacidad deben ser evaluados.

### 2.2.8. Decisiones de Planeación de la Capacidad

Por lo general comprenden las actividades siguientes:

1. Hacer un diagnóstico de la capacidad actual.
2. Determinar, en base a una previsión de la demanda a largo plazo, las necesidades futuras de capacidad.
3. Identificar alternativas para modificar la capacidad de producción actual.

4. Hacer diagnóstico de las alternativas tecnológicas en función a los aspectos económicos y financieros.
5. Focalizándose en el largo plazo se tiene que seleccionar la alternativa más adecuada que cumpla con las estrategias planteadas.

Si la medición de la capacidad es difícil por las diversas unidades de los procesos de fabricación y acabado, una alternativa puede ser la utilización de las unidades de materia prima procesada como indicador de la capacidad de producción de la empresa.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

#### A. Just in time – JIT (Justo a Tiempo)

Para Maldonado, (2008), esta herramienta comenzó a emplearse en EEUU en el rubro de los automóviles, luego se comenzó a aplicar en Canadá y Europa a través de empresas del mismo rubro de EEUU. Después empezó a emplearse en Sudamérica y Centroamérica, a través de las empresas del mismo rubro.

Para Maldonado, (2008), el objetivo de esta herramienta es incrementar la capacidad de una empresa para tener como resultado un incremento económico. La definición habitual del Justo a Tiempo como un método para fabricar y facilitar mercancías, cuanto y cuando se requiera, solo lo define intelectualmente el JIT. Las personas que, en sus respectivas funciones laborales, empleando sus conocimientos y adquiriendo más experiencia, se centra en toda mejora que pueda haber, no lo precisa de esa manera, por lo contrario, lo define como quitar los desperdicios. Las empresas cuando se comprometen con este método se elimina minuciosamente el derroche económico. Para poder llegar a esto, el pensamiento tradicional y fija ya no es apropiado.

Para Lefcovich, (2004), el método del JIT es una prolongación del pensamiento principal en cuanto a la gestión del flujo de materiales y así disminuir la cantidad de materiales almacenados. En cambio, hay varios temas implicados en toda industria, también se logra disminuir los inventarios para que así se pueda tener un mejor control de los costos. En la fabricación existen varios asuntos, entre los

cuales está el orden de los procesos, la automatización, la manufactura flexible, la disposición de tiempos para las máquinas, el rendimiento del recurso humano, los costos administrativos, la gestión de los proveedores, el apoyo en la ingeniería y la calidad del material final.

#### Elementos de la filosofía justo a tiempo

Para Córdova Rojas, F. P. (2013), poder suprimir los desperdicios, esta filosofía posee tres partes principales:

- a) Calidad en la fuente: Quiere decir en realizar un buen trabajo desde un inicio en todos los procesos en una empresa.
- b) Flujo: forma por la cual un proceso recorre de uno a otro proceso, la cual está constituido por:
  - Carga uniforme: es el equilibrio indispensable que tiene que tener un flujo, por ello, tener un tiempo óptimo en sus operaciones, lo cual trae consigo emplear dos nociones:
    - Tiempo de ciclo: ritmo de producción de acuerdo a la demanda requerida.
    - Carga nivelada: La finalidad es que la producción se dé acorde el pedido del cliente.
  - Operaciones coincidentes: Las maquinas solo se tiene que destinar a un solo producto de manera parcial o total. Una celda tiene que cumplir las siguientes características para que sea Para que una celda sea considerada Justo a Tiempo:
    - La producción debe de tener un flujo en el que una pieza o material debe de pasar una cada vez de un puesto a otro.
    - Que la producción se pueda dar a diferentes ritmos de producción y mano de obra (tiempo de ciclo).
  - Compras: Lograr tener una relación situada en la calidad, permanente y recíprocamente beneficiosa con superiores proveedores, sin embargo, en menor cantidad. Cuenta con cuatro partes principales y adicionales: Largo plazo, mutuo beneficio, menos proveedores y mejores proveedores.
  - Sistemas de jalar: Es un método que consiste en administrar la producción de forma que todo proceso, iniciando con los pedidos hasta el inicio de la

producción, el operario tiene que ir jalando la pieza que necesita del proceso anterior solo cuando este lo requiera.

c) Participación de trabajador: se trata de establecer la cultura de participación de todos los trabajadores de una empresa, es decir, trabajo en equipo.

Para obtener o llegar a emplear este método es importante cumplir con los elementos mencionados.

Objetivos fundamentales del JIT:

- Combatir los problemas esenciales.
- Suprimir derroches.
- Indagar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas

Etapas de la implementación del JIT:

En el siguiente diagrama de flujo se muestra sus 5 fases para la llevar a cabo con bastante vigor en la indagación de la simplicidad, refiriéndose en el suceso que es posible que en la perspectiva simple implica una administración más eficiente. (Ver Figura N°9)

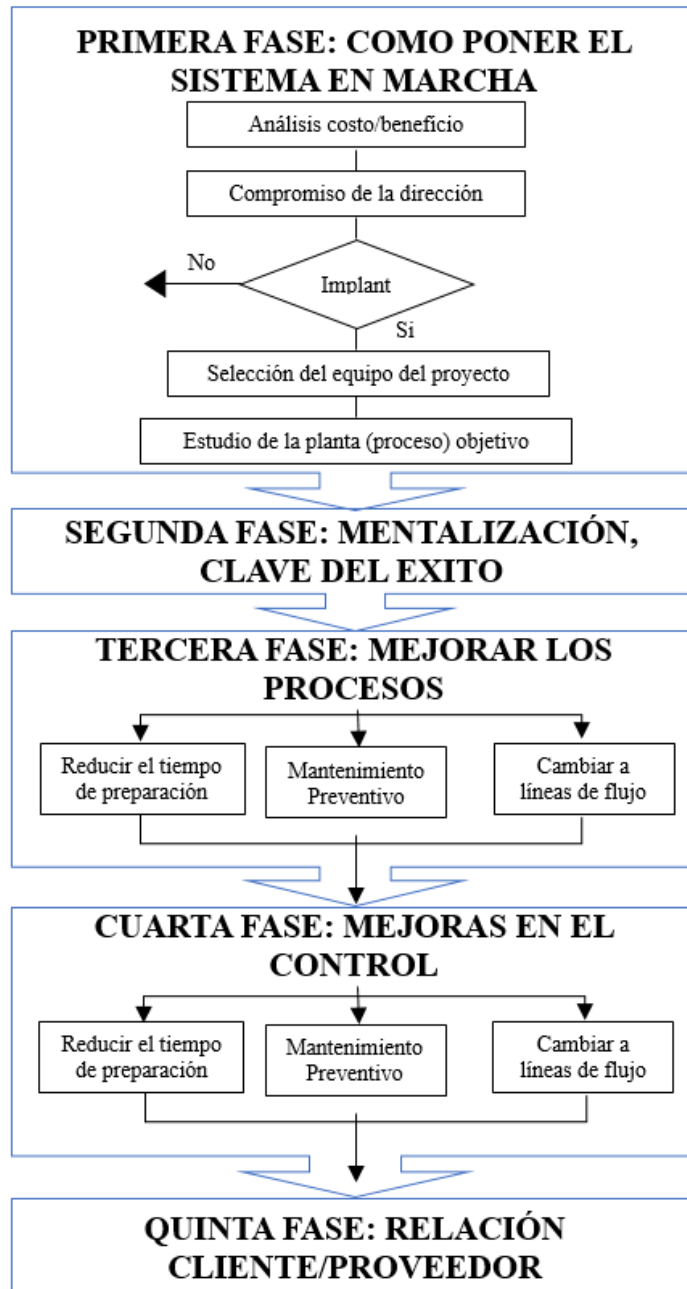


Figura N°9: Implementación JIT  
 Fuente: Choque A. (2011), Planificación y Control de la Producción 2

B. Layout (distribución de planta)

Para A. Sortino, (2001), Layout es la distribución física de los factores y componentes industriales a intervenir en la producción, distribución de las áreas de trabajo, delimitación de figuras, maneras concernientes y situación de todas las áreas.

El objetivo primordial es que esta distribución de componentes llegue a ser competente y esta puede efectuarse de manera satisfactoria a la obtención de las metas trazadas de la organización.

Para A. Sortino, (2001), Layout involucra una distribución física de los componentes de la producción, esta distribución necesita espacios en los cuales puedan darse los traslados de las piezas, acopios y procesos, asimismo las actividades de servicio enlazadas. Efectuar una indagación de fallos efectuados del layout en varias organizaciones podría llegar a ser muy vasto.

Lo fundamental no se trata de realizar una extensa definición de los fallos ocurridos, por lo contrario, se trata de aprenderlos, los principales motivos para luego buscar alternativas para subsanarlos.

Inició resaltando el alcance de una buena distribución de planta. introducida este término en el vocabulario técnico del día a día, en general, todo lo que concierne en la distribución, distribución del área, maquinarias y equipos.

También, investigación para las operaciones de máquinas y herramientas más novedosas es acertado que la expresión de distribución de planta, de forma general, es incluso la distribución del herramental sobre sí mismos y la conexión de éstos con el producto (Layout de las operaciones).

Entendido este término se estudió como personalizar vías adecuadas con la finalidad de llegar a la solución ideal. La definición de Layout es en particular tanto como para la distribución de planta como para sus áreas de apoyo. Siendo el factor principal la responsabilidad de la nueva distribución de planta.

La principal falla es destinar dicho compromiso al personal que están a cargo de las operaciones de la organización, conforme se realice el estudio del nuevo Layout, se determinara el espacio que divide las labores en mención.

Existe una segunda fuente de error que en la que se afronta esta tarea una vez resuelta la distribución, en vez de continuar un sistema acorde. Si es una acción



acabada, por lo tanto, no se podrá efectuar una buena distribución salvo que el layout y la magnitud de la superficie no exijan delimitaciones en el diseño. Un error que suele presentarse con regularidad es destinar lo artístico al diseño un interés excesivo, desvalorizando su operatividad. Esto no quiere decir, desatender lo artístico, solo se trata de determinar su diseño con una adecuada distribución. Otro problema que se frecuenta en las organizaciones es que le toman mayor interés a la fachada del edificio y poco interés al layout.

### C. Teoría de restricciones (TOC)

Es un conjunto de procesos de pensamiento que utiliza la lógica de la causa y efecto para entender lo que sucede y así encontrar maneras de mejorar. Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven en la velocidad del paso más lento a lo cual se le atribuye como factores limitantes y se les denominan restricciones o cuellos de botella.

Concepto de los sistemas:

- Las organizaciones y los sistemas existen para un propósito.
- El propósito es alcanzado mejor con la cooperación de múltiples elementos independientes ligados juntos.
- Cada acontecimiento ligado depende en un cierto modo de los otros acoplamientos.
- El dueño del sistema determina el propósito.
- Cada sistema tiene relativamente pocas restricciones.

Las diversas capacidades del acoplamiento, la carga de trabajo, la variación normal y la carga cambiante hacen posible balancear todo el sistema. Un elemento del sistema es más débil. Cuando el sistema entero depende de la cooperación de todos los elementos, el acoplamiento más débil determina la fuerza de la cadena.

El principio teórico:

- La capacidad de cualquier proceso de fabricación es limitada por su recurso de capacidad restringida (restricción).
- El tiempo perdido en la restricción se pierde para siempre (costos de oportunidad).
- La variación imposibilita el 100% de utilización.

#### D. Principios de la distribución en planta

Para Muther R., (1981), según Muther, los objetivos del layout se puede sintetizar y formular en manera de principios, logrando ser el sustento para implantar un método que logre plantear el problema del layout de manera organizada y metódica.

Estos principios son:

- **Incorporación en conjunto**  
Para lograr un layout ideal, hay que incorporar a los trabajadores, herramientas, maquinas, operaciones y los elementos que involucre al proceso, y así lograr comprometer todo.
- **Menor recorrido**  
Para lograr un layout ideal, hay que considerar el menor trayecto posible de la pieza de proceso a proceso.
- **Tránsito de materiales**  
Para lograr un layout ideal, hay que organizar las zonas de trabajo de tal manera que para actividad se organice de igual manera en que se procesan u operan los materiales.
- **Área cúbica**  
Para lograr un layout ideal, hay que considerar toda el área útil y así emplearla de modo efectivo, de manera vertical, así como también horizontal.
- **Comodidad**  
Para lograr un layout ideal, hay que buscar el mejor confort de los elementos (trabajadores, materiales y maquinas) para lograr una labor satisfactoria y seguro.
- **Adaptabilidad**  
Para lograr un layout ideal, es la que puede ser reorganizada con un costo menor.

Los principios sirven de fundamento para ordenar los objetivos a realizar en el proceso de determinar el layout, también para lograr cuantificar su cumplimiento. Siendo algunos obsoletos debido a recientes conceptos sobre los procesos de producción. (pp.19-21)

### E. Diagrama de Hilos

Es un modelo o mapa de tamaño a escala en donde muestra la distancia representada en hilos de los materiales, trabajadores y maquinaria durante un proceso determinado (Alfaro, 2013).

Este tipo de diagrama tiene como finalidad, demostrar todos los movimientos de materiales u objetos y así identificar la longitud que recorren los operarios, materiales o el equipo de la planta.

El diagrama de hilos se comienza registrando todas las acciones pertinentes a partir de observaciones.

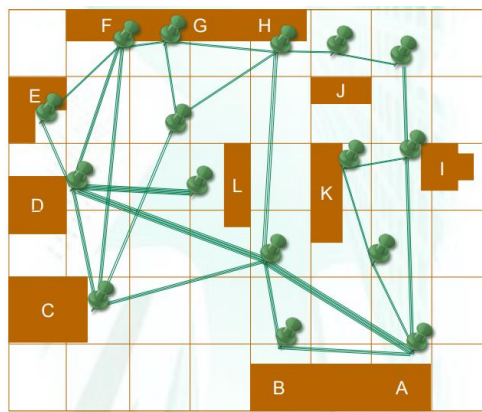


Figura N°10: Diagrama de Hilos  
Fuente: Kanawaty (1996, Pag. 112)

### F. Diagrama de relación de actividades

Este diagrama nos representa las áreas de trabajo y la relación que existe entre ellos mediante diagonales que se interceptan para establecer las diferentes relaciones que se originan entre las funciones, actividades y secciones de la planta.

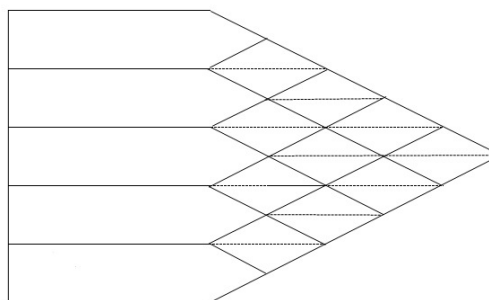


Figura N°11: Diagrama relacional de actividades  
Fuente: elaboración propia

Es necesario establecer las necesidades de proximidad entre cada actividad y estas ya están definidas para tal efecto, se muestra la siguiente figura.

<b>Codigo</b>	<b>CERCANÍA</b>
A	ABSOLUTAMENTE NECESARIO
E	ESPECIALMENTE IMPORTANTE
I	IMPORTANTE
O	ORDINARIAMENTE IMPORTANTE
S	SIN IMPORTANCIA
N	NO DESEABLE

Figura N°12: Códigos de proximidad  
Fuente: elaboración propia

### G. Células de Trabajo

Es planificar las operaciones de cada proceso en orden secuencial para la fabricación de un producto o línea, ubicando cada máquina correspondiente muy cerca de otra en forma de “U” o “C”, fijando la última operación muy cerca de la primera y de forma que el flujo del material sea en sentido inverso al movimiento de las agujas del reloj para fomentar el uso de la mano derecha cuando los trabajadores se muevan a través de la célula.

### H. Takt Time

Es el tiempo empleado en producir una unidad solicitada de producto, se obtiene dividiendo el tiempo disponible entre las unidades demandadas por el cliente, interpretado frecuentemente en segundos, con el cual se establecen, y se abastecen de, la cantidad de recursos necesarios para lograr el ritmo de producción estimado. Se usa para: planear y garantizar el cumplimiento del plazo comprometido al cliente, para una rápida respuesta tomando medidas ante posibles contingencias que suspendan la producción, también se puede usar añadiendo un tiempo adicional (takt time real – takt time estimado), como amortiguador o colchón, para prevenir las contingencias que aún no están controladas y para conocer cuánto hay que mejorar.

Se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{T_a}{D}$$

T=Takt Time, es la cadencia o ritmo de producción a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer o cumplir con la demanda del cliente, es decir es la tasa de demanda del cliente.

Ta= tiempo disponible neto que se dedicará a la producción por periodo

D= unidades demandas por el cliente por periodo

El tiempo “Ta” comprende el lapso disponible de tiempo para que se realice la orden de producción o trabajo requerido por el cliente, el cual no considera pausas para descanso y paradas pre-establecidas, como mantenimiento programado, pausas para dar instrucciones, entre otros.

#### I. Value Stream Mapping

El Value Stream Mapping- VSM es una herramienta en forma de diagrama que representa el proceso de fabricación del producto, desde la operación inicial hasta la entrega al cliente, y se emplea para identificar, analizar y mejorar toda actividad que no agrega valor, desde el punto de vista del cliente, al flujo físico y al flujo de información, a esto también se le denomina despilfarro o desperdicio.

El VSM es especialmente útil para encontrar y representar las oportunidades de mejora mostradas como iniciativas kaizen que tienen que realizarse en el corto plazo para materializar las oportunidades.

#### J. Estudio de Tiempos

Para Ustate, (2007), la ingeniería de métodos se puede definir como el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y que permitan que este se haga en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida, por lo tanto, el objetivo final de la ingeniería de métodos es el incremento en las utilidades de la empresa. (p.8)

Para Castillo, (2005), el estudio de tiempos es una técnica utilizada para determinar el tiempo estándar permitido en el cual se llevará a cabo una actividad, tomando en cuenta las demoras personales, fatiga y retrasos que se puedan presentar al realizar

dicha actividad. El estudio de tiempos busca producir más en menos tiempo y mejorar la eficiencia en las estaciones de trabajo. (p.28)

#### K. Diagrama de Flujo

De acuerdo a Everret A., (2000), también llamado diagrama de actividades de proceso, es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, demoras, traslados, transporte y almacenaje que ocurre en todo un proceso. Se coloca la información necesaria para su adecuado uso, así como el tiempo de cada operación y distancia recorrida.

Permite construir una imagen de la secuencia del proceso, y así evaluar las secuencias en forma sistemática. facultarnos el empleo de los materiales, reducir o eliminar las demoras, estudiar las interacciones de unas operaciones con otras y simplificar y combinar operaciones.

Simbología que emplea este diagrama:

- a) Operación: Se presenta cuando un objeto está siendo transformado en sus características, se está creando o incorporando algo o se está acondicionando para otra división.
- b) Transporte: Se presenta cuando un objeto o grupo de ellos son trasladados de un lugar a otro, salvo cuando tales traslados conforman parte de una operación o inspección.
- c) Inspección: Es la verificación de ciertas características o dimensiones del producto en proceso o terminado, se procura hacer más objetiva posible, por ejemplo, usando instrumentos de medición.
- d) Demora: Cuando se detiene el flujo físico del proceso productivo, lo que ocasiona un retraso del tiempo de ciclo del proceso.
- e) Almacenaje: Se presenta cuando un objeto o grupo de ellos son conservados y resguardados contra movimientos o usos no permitidos.

f) Operación - Inspección

Cuando el operario realiza una tarea que agrega valor al proceso (transformación), mientras a la vez verifica la efectividad de dicha transformación en la generación de valor, de manera que si hubiera requisitos no cumplidos en la tarea de generar valor (operación de transformación), esta continúe hasta verificar su cumplimiento, y se disponga que el flujo físico del proceso continúe en la siguiente etapa.

A continuación, se describen los símbolos utilizados en el diagrama de flujo, (Ver Figura N°13)




	SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN
	Operación	Transformar la materia prima
	Inspección	Revisar la calidad de la pieza trabajada
	Inspección y Operación	Realizar una operación y revisar la calidad
	Transporte	Trasladar un material de un lugar a otro
	Almacenamiento	Almacenar el producto o materia prima
	Demora	Material en espera de ser procesado

Figura N°13: Símbolos de diagrama de flujo  
Fuente: Elaboración propia

Para Ramonet, J. (2013), los Diagramas de Flujo (DF) son, con toda seguridad, el método más extendido y popular para realizar el diseño gráfico de procesos. Su simplicidad y versatilidad han contribuido notablemente a su difusión. (p.1)

Para UNIT (2009), En la construcción de un diagrama de flujo son necesarias las siguientes etapas, según:

- Identificar el comienzo y el final del proceso.
- Observar el proceso completo desde el comienzo hasta el final.
- Definir las etapas del proceso (actividades, decisiones, elementos de entrada, elementos de salida).
- Construir un borrador del diagrama de flujo para representar el proceso

- Revisar el borrador del diagrama de flujo con la gente involucrada en el proceso.
- Mejorar el diagrama de flujo basándose en esta revisión.
- Verificar el diagrama de flujo con respecto al proceso real.
- Fechar el diagrama de flujo para referencia y uso futuros. (pp.58-59)

#### L. Diagrama de Causa – Efecto de Ishikawa

Para Falcón, (2009), es vincular los efectos con sus respectivas causas, al ser una herramienta visual, resulta de mucha utilidad ya que permite generar una lluvia de ideas.

En la fabricación se suele clasificar las causas empleando el método de las M, siendo las siguiente:

- Máquina; su función, entradas y salidas.
- Materiales; buenos proveedores para asegurar la calidad de los materiales.
- Método; errores en la ejecución de los procesos.
- Mano de Obra, trabajadores calificados para cada proceso.
- Medio ambiente; la inadecuada temperatura en el proceso.

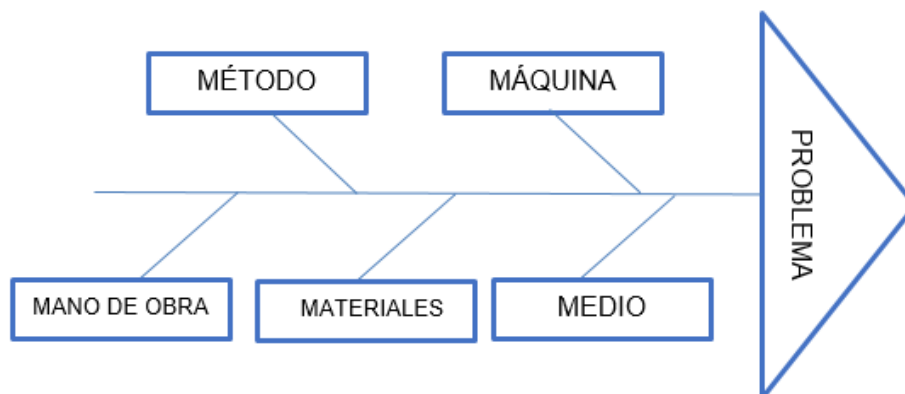


Figura N°14: Diagrama de Causa – Efecto  
Fuente: Elaboración propia

Para Martínez, (2011), para lograr una calidad óptima hay que tener en cuenta lo siguiente:

- La educación se da de inicio a fin.
- Saber el requerimiento del cliente.
- Inspeccionar no es indispensable.
- Todo problema se resuelve desde la raíz.



- Todos los operarios son participes.
- Tener los objetivos claros.
- Lo más importante es la calidad.
- Toda opinión o idea es importante en toda la empresa.
- Todo problema se puede resolver, incluso con sencillos análisis.

La principal idea es fabricar a bajo costo. Al implementar la calidad, logra reducir los precios, los costos, optimizar técnicas, etc.

Organiza de manera concreta toda causa de todos los efectos. (p.3)

#### M. Flujo Continuo

Es planificar el trabajo de cada célula para que se traslade y se procese el material en cantidad equivalente a una unidad de producto a la vez (o lote más pequeño posible), en todas las operaciones de la célula y en forma constante, consistente y controlada, además, involucra medir el resultado de toda la célula en productos terminados por unidad de tiempo o tiempo por unidad de producto, pero no involucra medir productos fabricados por cada operación o máquina individual. El flujo continuo disminuye el inventario en proceso, disminuye distancias que se traslada el producto y ahorro de espacio, pero, presenta la desventaja de una mayor frecuencia de las preparaciones del trabajo que tendrían que utilizarse a través de una adecuada programación de la producción y cambios rápidos de preparación.

#### N. Planos de fabricación

Los planos surgen a partir de un compromiso contractual entre un cliente y un proveedor de estructuras metálicas, están formados o comprendidos por Planos de Diseño, Planos de Fabricación y Planos de Montaje de estructuras metálicas. Los Planos de Diseño muestran la memoria de cálculo que define las secciones requeridas.

Los Planos de Fabricación y Montaje se determinan a partir de los Planos de Diseño los elementos definitivos a fabricar para materializar la estructura metálica.

#### O. Habilitado y Cortado

El Habilitado y Cortado consiste en cortar con disco abrasivo los perfiles de acero, que son el material directo para la fabricación de las estructuras, de tal manera que se corten diferentes perfiles, de diferentes tamaños, que juntos forman los tijerales.

#### P. Trazado, Armado y Apuntalado

El trazado consiste en armar la 1ra estructura metálica (el 1er cuarto de tijeral) y apuntalarla para que cumpla la función de una matriz, en el lugar de trabajo.

El Armado consiste en unir los perfiles de los cuartos de tijerales (12.5 metros de largo) para que sean apuntalados con puntos de soldadura, todos los cuartos de tijerales se arman sobre el trazado del 1er cuarto de tijeral.

#### Q. Soldadura

Los cuartos de tijeral apuntalados tienen que ser soldados según los planos de diseño para fabricación, con alambre número 70-18 con una mezcla especial que contiene argón.

#### R. Arenado

Es una acción consistente en disparar a gran presión arena, utilizando aire comprimido, a alta velocidad contra una superficie metálica para dejarla limpia de corrosión y toda impureza a fin que sea pintada o acabada en su totalidad de manera efectiva, es como pulir o lijar a gran velocidad en cualquier superficie metálica.

#### S. Limpieza

Consiste en quitar las partículas residuales de soldadura y corregir algunas imperfecciones que han quedado sobre los cuartos de tijeral.

#### T. Pintado Base

Para evitar la corrosión de los cuartos de tijeral se procede a realizar el pintado con una sustancia anticorrosiva, se controla la operación de pintado base con instrumentos de medición tales como termómetros, psicómetros y medidor de espesor de película seca verificando que cumpla con el espesor de diseño.

#### U. Pintado Final

Luego se procede a realizar el pintado de acabado con una o dos capas dependiendo de los requerimientos del cliente

## V. Estructura metálica

Compuesta por elementos de acero o de su naturaleza que permiten sostener una determinada edificación, debido a su rigidez y al tipo de diseño que esta pueda tener. Es así que este conjunto de elementos respeta un cierto orden entre cada una debidamente dimensionadas y según especificaciones de su calidad, podrán cumplir con las exigencias físicas requeridas.

## W. Planificación de requerimiento de materiales

Está diseñado como un sistema para la gestión y planificación del proceso de producción y control del inventario de la forma más eficiente para una organización. Su objetivo principal es de administrar las ordenes de requerimiento para la producción en una empresa con el fin de obtener los insumos necesarios y en el momento preciso para la obtención de los bienes o servicios. Se distingue también porque permite establecer la cantidad de elementos que se requieren y así saber cuándo emitir la orden de compra de materiales, permitiendo manejar eficientemente las compras y controlar así el inventario o existencias. Los documentos para la elaboración del MRP son:

- MPS: Plan Maestro de Producción.
- BOM: Listado de materiales por producto
- Nivel de inventario
- Lead Time

## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

### 3.1. GENERAL

Si se mejora la capacidad de producción, entonces se optimizará el tiempo de ciclo de producción para una empresa de estructuras metálicas.

### 3.2. ESPECÍFICOS

- a) Si se mejora la capacidad de producción en el proceso de fabricación, entonces se optimizará el tiempo de ciclo de la fabricación de estructuras metálicas.
- b) Si se mejora la capacidad de producción en el proceso de acabado, entonces se optimizará el tiempo de ciclo del acabado de estructuras metálicas.

### 3.3. VARIABLES

La variable independiente X:

Capacidad de Producción Estructuras Metálicas

Las variables independientes son:

X1: Capacidad de producción del proceso de Fabricación de Estructuras Metálicas

X2: Capacidad de producción del proceso de Acabado de Estructuras Metálicas

La variable dependiente del estudio Y:

Tiempo de Ciclo de la producción

Las variables dependientes son:

Y1: Tiempo de ciclo de fabricación

Y2: Tiempo de ciclo de acabado

La relación entre las variables es inversa a mayor capacidad de producción (X) menor tiempo de ciclo (Y)

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En la tabla N°1 se muestra la matriz de operacionalización de las variables; esta tabla está compuesta por las variables dependientes de cada hipótesis relacionada a la tesis, así también se menciona sus indicadores y dimensiones respectivamente.

Tabla N°1: Matriz de Operacionalización

VARIABLE	NOMBRE	CONCEPTUALIZACION	OPERACIONALIZACION	INDICADOR	FORMULA
X	Capacidad de Producción de Estructuras Metálicas	Según Heizer y Render (2008), la capacidad productiva hace referencia al máximo nivel de producción que puede soportar una unidad productiva concreta, en circunstancias normales de funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado.	Será medido a través de la revisión y análisis de registros de información de la producción de los proyectos realizados con anterioridad.	Capacidad de producción	$X = \text{Cuartos de Tijeral producidos/día}$
X1	Capacidad de producción del proceso de Fabricación de Estructuras Metálicas	Se expresa en unidades relacionadas con periodos de tiempo: horas máquina diarias, horas hombre por semana, volumen anual, etc.		Capacidad de producción en la fabricación	$X1 = \text{Cuartos de Tijeral fabricados/día}$
X2	Capacidad de producción del proceso de Acabado de Estructuras Metálicas	Este término pone de manifiesto si un sistema productivo es capaz de satisfacer la demanda o si ésta quedar insatisfecha. Además, evalúa si los equipos e instalaciones permanecen inactivos o han sido utilizados en su totalidad.		Capacidad de producción en el acabado	$X2 = \text{Cuartos de Tijeral acabados/día}$
Y	Tiempo de ciclo de la producción	Según García, Ángel (1998), conjunto ordenado de etapas elementales a realizar por un puesto en una unidad de producto que se ejecuta en un tiempo a determinar, estas etapas en las que se puede descomponer el ciclo deberán ser significativas y bien diferenciadas.	Será medido a través de los inicios y cierres de los proyectos realizados con anterioridad	Tiempo de ciclo de producción	$Y = \text{Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral producido}$
Y1	Tiempo de ciclo de Fabricación	Cuando se trabaja a ciclo, el proceso queda sincronizado de manera que en cada momento cada uno de los operarios trabaja sobre una unidad de producto, transcurrido el tiempo del ciclo, cede su producto al puesto siguiente, al mismo tiempo que recibe uno nuevo del puesto anterior.		Tiempo de ciclo de fabricación	$Y1 = \text{Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral fabricado}$
Y2	Tiempo de ciclo de Acabado			Tiempo de ciclo de acabado	$Y2 = \text{Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral acabado}$

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

### 4.1. TIPO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1.1. Tipo

Este proyecto actualmente reúne las condiciones de una investigación de tipo aplicada, debido a que se plantea poner en práctica algunas herramientas de Lean Manufacturing y entre otros, con la finalidad de incrementar la capacidad del servicio de fabricación y acabado de estructuras metálicas.

#### 4.1.2. Método

Diseño experimental: “Se manipulan en forma deliberada una o más variables independientes para observar sus efectos en la(s) variable(s) dependiente(s)” (Valderrama, Santiago, 2003, p.176).

Dentro del diseño experimental se encuentra el sub-diseño de investigación pre-experimental, que consiste en utilizar un solo grupo al cual se le aplica una pre-prueba, luego se manipula en forma deliberada la variable independiente del grupo, con el propósito de observar los cambios resultantes en la variable dependiente y aplicar a dicho grupo la post prueba a fin de identificar las causas de dichos cambios. (Valderrama, Santiago, 2003, p.178).

Para el caso de la presente investigación se aplicará el software Promodel para simular el funcionamiento de la solución propuesta para el problema planteado, para que sirva como una alternativa de manipular deliberadamente la variable independiente y analizar los resultados.

### 4.2. ENFOQUE CUANTITATIVO

Consiste en recolectar datos numéricos y análisis estadístico para probar hipótesis y teorías.

Para la presente investigación se recolectará los datos de las capacidades y tiempos de los procesos de fabricación y acabado a fin de procesar dichos datos utilizando

herramientas como el Value Stream Mapping, entre otros, con el fin de sacar promedios y desviaciones para que sean analizados y mejorados.

#### 4.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio consiste en todos los proyectos fabricación y acabado de estructuras metálicas realizados por la empresa en el periodo junio 2018 y mayo 2019. Dado que el tamaño de la población es de solo 11 proyectos se analizó y se decidió la conveniencia de trabajar con los datos de la población.

Entonces se levantó la información de los tiempos de las operaciones de los 11 proyectos, además se seleccionó el proyecto de fabricación, acabado y montaje de una planta empacadora para una empresa exportadora de cítricos y paltas, ubicada en Chincha – Ica, como objeto de estudio de la presente investigación para elaborar una propuesta de solución surgida durante la investigación y que será comprobada con un modelo de simulación en el software Promodel.

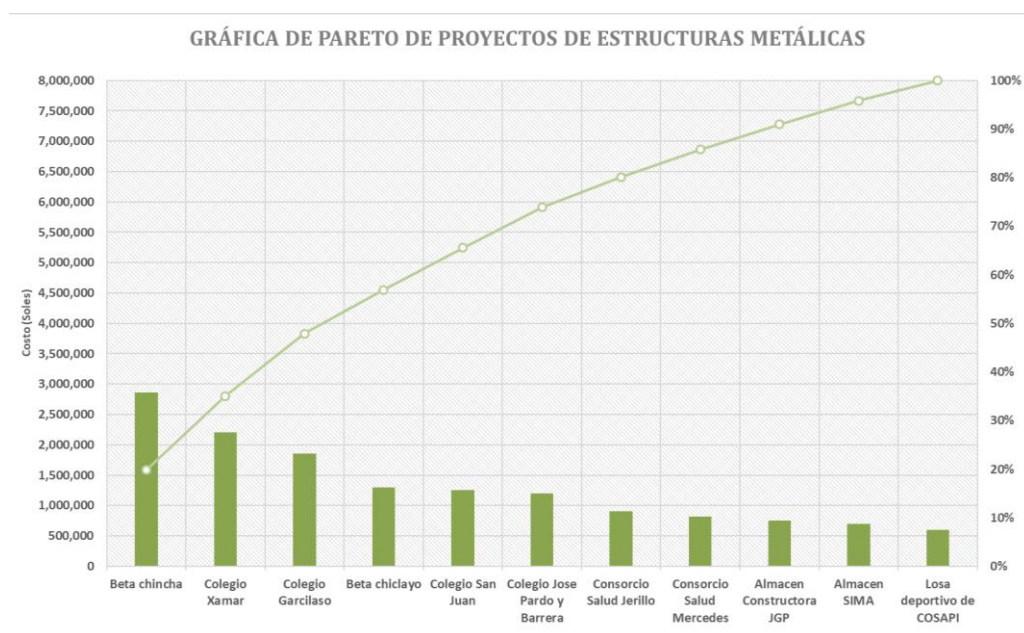


Figura N°15: Diagrama de Pareto de proyectos de estructuras metálicas  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

##### 4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

###### A. Técnicas

La entrevista: Algunos autores han definido a la entrevista de investigación como “un diálogo iniciado por el entrevistador con el propósito específico de obtener información relevante para la investigación y enfocado por él sobre el contenido especificado por los objetivos de investigación de descripción, predicción o de explicación sistemática”. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.405).

En la presente investigación, la entrevista estará dirigida al gerente general de la empresa y el encargado de proyectos, además de algunos trabajadores de la empresa. Para esta técnica se utilizarán preguntas abiertas y espontáneas, ya que esta modalidad permitirá indagar de manera profunda el conocimiento u opinión de los entrevistados.

- **Análisis Documental:** Esta técnica refiere a la recolección de información de fuentes secundarias tales como libros, boletines, revistas, folletos, periódicos y hasta información de los registros de los proyectos de la empresa.

Para la presente investigación se empleará fuente de información físico y virtual, con el fin de reforzar con datos de relevancia para nuestras variables de estudio. Además, se estudiarán los antecedentes de la empresa con la finalidad de evaluar la ejecución de sus proyectos realizados.



#### 4.4.2. Instrumentos

Tabla N°2: Instrumentos de Recolección de Datos

TECNICAS DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Entrevista	- Entrevista personalizada y virtual
Análisis Documental	- Medios electrónicos - Registros del tema

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Para determinar la validez de contenido se someterá los cuestionarios al juicio de dos expertos procediéndose a acomodar las preguntas según sus recomendaciones.

#### 4.6. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se revisarán los registros del sistema de información referidos a la producción, así como se realizará las entrevistas correspondientes para elaboración de diagramas de flujo, además de las observaciones de campo necesarias para conocer a fondo el proceso a analizar.

##### Diagrama de flujo

- a. Se describirá el procedimiento de trabajo especificando quién hace, cómo se hace, cuándo se hace y donde se hace cada paso.
- b. Se elaborará el diagrama de flujos
- c. Se identificará los pasos redundantes, los flujos del reproceso, los conflictos de autoridad, las responsabilidades y los puntos de decisión.
- d. Con el flujograma se analizarán los procesos con la finalidad de mejorar el procedimiento de trabajo.
- e. De acuerdo con el flujograma se podrá realizar análisis de actividades que no agregan valor y evaluar posibles cuellos de botella que permitan incrementar la capacidad de los subprocesos

#### 4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento y análisis de la información se hizo se efectuará con el programa Microsoft Excel, Microsoft Access, SPSS, Promodel, Autocad, Aris Modeler y Microsoft Visio.

Las herramientas estadísticas para utilizar son las siguientes:

- Análisis Pareto
- Diagrama causa-efecto
- Diagrama Relacional
- Diagrama de Hilos
- Diagrama de Análisis del Proceso
- Pruebas estadísticas
- Value Stream Map
- Mapa de Procesos
- Flujo Económico
- Celulas de Manufactura, FIFO, flujo continuo de una pieza

## CAPÍTULO V: PRESENTACION Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para exponer la situación actual y la mejora en el desarrollo de esta investigación se tomó en consideración el enfoque DMAIC, con la finalidad de desarrollar y explicar esta investigación de manera educativa e instructiva, con esta metodología se describió de forma ordenada la aplicación de las herramientas de lean manufacturing para la mejora de la capacidad de producción de una empresa de estructuras metálicas. Se puede observar en la figura N°13 que el ciclo de DMAIC está conformada por cinco etapas, con las cuales se pudo comprobar la mejora de la capacidad de producción y acabado de estructuras metálicas.

Esta metodología es una herramienta que está orientada hacia la mejora de procesos, iniciando con el análisis de la problemática, la cual se planteó para hallar en un futuro la solución y así poder aplacarla, por ende, se procedió a medir los indicadores del problema de la baja capacidad de producción para analizarlos a fin de identificar y comprobar sus causas, y diseñar un sistema productivo que permita mejorar la capacidad de producción y reducir el tiempo de entrega de los proyectos de estructura metálica. Ver figura N°16.

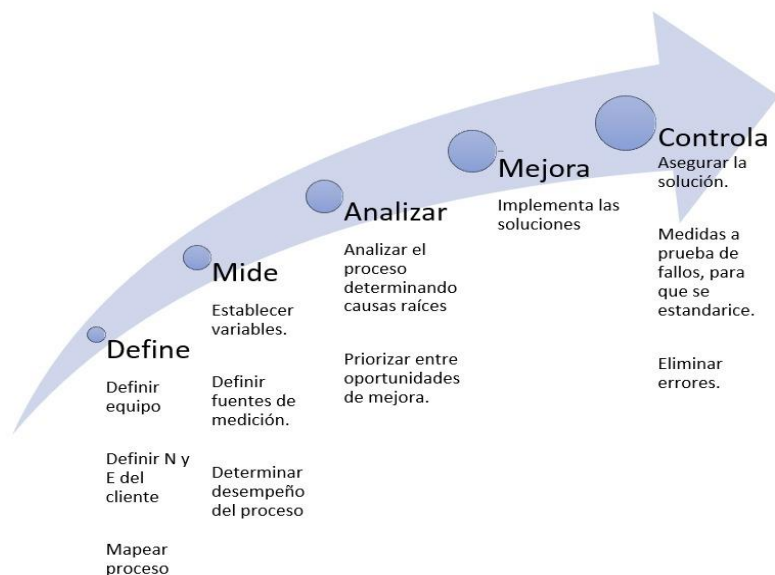


Figura N°16: Ciclo de DMAIC  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explicará de manera objetiva lo que se desarrolló en cada etapa:

1.- **DEFINIR:** En esta primera etapa se procedió a determinar la problemática actual de la empresa, sobre todo en la producción y acabado de estructuras metálicas, para ello se realizó el mapa de procesos de la empresa objeto de estudio para identificar los

procesos en donde se presenta la problemática actual, así también se elaboró los flujogramas actuales de los procesos; esta problemática fue explicada de manera detallada en el Capítulo I de la actual investigación.

- 2.- MEDIR: En esta etapa se recolecto datos históricos cuantitativos acerca de la empresa en cuanto a sus proyectos en los últimos dos años (2018 y 2019). Adicionalmente se realizó una encuesta al personal de la empresa, se recolectó toda esta información con el fin de identificar y analizar, con el fin de poder comparar la situación actual con la mejorada.
- 3.- ANALIZAR: En esta etapa se procedió a analizar los datos históricos cuantitativos de la empresa con el fin de identificar causas con el diagrama de Ishikawa, confirmar el cuello de botella con el diagrama de Pareto, evaluar la situación actual del layout mediante una representación primero fotográfica y después esquemática, también evaluar el Value Stream Mapping (As Is) soportado con la simbología del VSM, tiempo de ciclo, tiempo de preparación, tiempo de transporte a la siguiente estación y tiempo de espera en cada estación de trabajo de cada proceso, finalmente para estimar la tasa de producción actual, la capacidad de producción actual y el takt time, y simular la situación actual con el software Promodel, analizando sus resultados del tiempo de ciclo, agrupados por rangos de tiempo, finalmente para comprobar las causas del problema.
- 4.- MEJORAR: Con base en las herramientas de lean manufacturing, se desarrolló una solución utilizando flujo en célula y continuo, con estrategia pull, analizándolo con el diagrama relacional de actividades, formulación de la solución propuesta, planificando y programando el funcionamiento de la solución en excel, confirmando con el layout y diagrama de hilos, para finalmente simular la solución y comprobar la reducción del tiempo de ciclo, a fin de verificar el cumplimiento de la demanda deseada, dando como resultado que las entregas de proyectos se redujeron.
- 5.- CONTROLAR: En esta etapa se desarrolló la prueba de hipótesis, utilizando el coeficiente  $R^2$  de la regresión lineal, dado que ambas variables son cuantitativas, en ambos casos al aplicar la regla decisión se rechazó  $H_0$  y se aceptó  $H_1$ .  
También se ha presentado una lista de actividades para la implementación de la solución la cual está valorizada en un flujo económico donde se aplican los indicadores como el VAN, TIR y Periodo de recuperación.



## 5.1. DEFINIR: DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD Y DEFINICIÓN DE PROBLEMAS

En el presente capítulo se describe la situación actual en la cual se encuentra la empresa de estructuras metálicas, para analizar a detalle el por qué existe demoras en los tiempos de fabricación y acabado causando así la entrega a destiempo de los proyectos, siendo en este caso el proyecto en estudio.

### 5.1.1 Proceso de recolección de datos

Encuesta:

Para el levantamiento de información se empleó la siguiente encuesta al personal de la empresa, desde la gerencia hasta los operarios, el cual está conformado por seis preguntas:

1. ¿Cómo es la recepción de materia prima de acuerdo al proceso que pertenece?

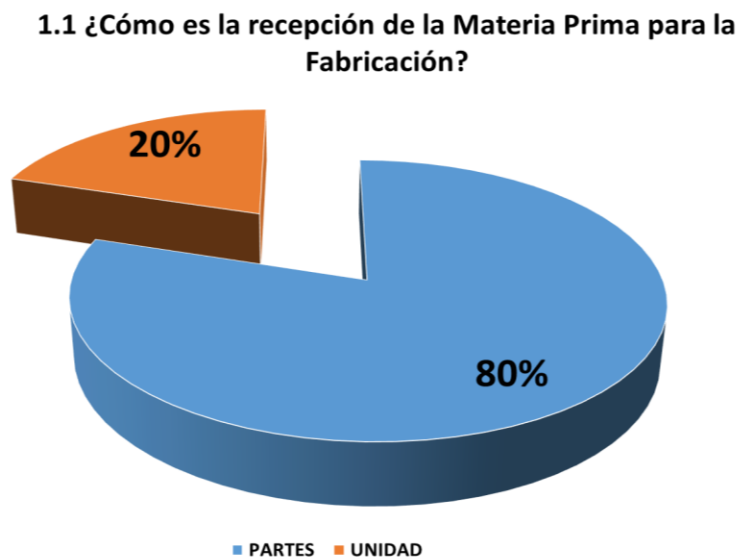


Figura N°17: Manera de recepción de la materia prima para la fabricación.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°17, se observa que un 80% de los trabajadores en el proceso de fabricación de tijerales la recepción de la materia prima se realiza por partes, mientras que un 20% de los trabajadores, la recepción de la materia prima se realiza de una sola vez.

### 1.2 ¿Cómo es la recepción de la Materia Prima para el Acabado?

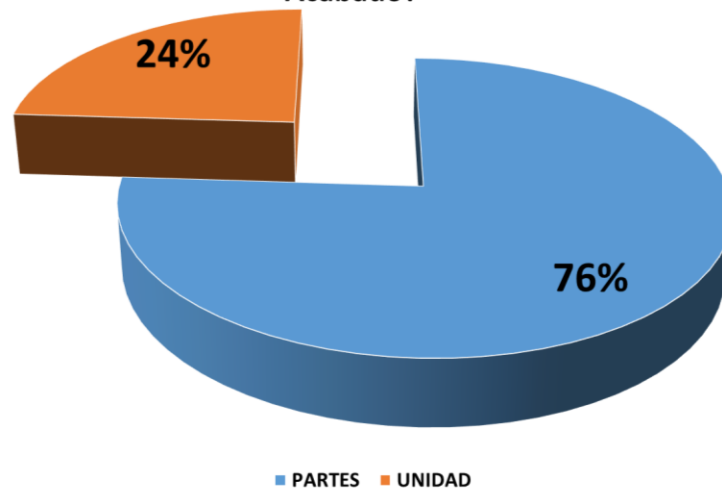


Figura N°18: Manera de recepción de la materia prima en el acabado.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°18, se observa que un 76% de los trabajadores en el proceso de acabado de tijerales, la recepción de la materia prima se realiza por partes, mientras que un 24% de los trabajadores, la recepción de la materia prima se realiza por unidad.

2. Indique en que proceso trabaja y explique brevemente las operaciones o actividades desde el inicio a fin.

Habilitado:

El proceso inicia trasladando la materia prima hasta el área de Habilitado en donde se realizan las mediciones respectivas de acuerdo a las medidas que se nos indiquen, luego se marcan para proceder a cortarlas, las piezas cortadas se trasladan al área de piezas cortadas.

Armado:

Se trasladan las piezas cortadas al área de armado en donde se arma una matriz (la mitad de un tijeral completo), una vez armada, encima de la matriz se

comienza a armar y apuntalar por cuarto de tijeral, cuando el cuarto de tijeral esta lista (armada y apuntalada) se traslada al área de soldado.

Soldado:

Cuando el cuarto de tijeral llega al área de soldado, se procede a soldar todas las uniones, se inspecciona para verificar que todo esté bien soldado y que no falta ninguna unión por soldar, cuando el cuarto de tijeral esta lista, se procede a trasladarla con un camión grúa al área de arenado.

Arenado:

En todo momento se encuentra zarandeando la arena para que esté listo para poder vaciar la arena a la tolva, cuando llega un cuarto de tijeral se procede a arenar por todas las secciones, una vez lista el cuarto de tijeral, se procede a darle una inspección y limpieza rápida de las superficies del metal, luego se procede a trasladar con un camión grúa al área de pintado base.

Pintado Base:

Lo primero que se hace es preparar la pintura necesaria para el cuarto de tijeral, a continuación, se procede a pintarlo, al terminar el proceso de pintado se procede a dar una inspección de la pintura para verificar que no quede ninguna sección del cuarto de tijeral sin pintar bien, se deja reposar el cuarto de tijeral por unas 24 horas para su respectivo secado, una vez seca la pintura se procede a trasladar el cuarto de tijeral al área de pintado final.

Pintado Final:

La primera actividad es preparar la pintura necesaria para el cuarto de tijeral, luego se pinta e inspecciona para verificar que todas las secciones del cuarto de tijeral este bien pintado, luego se deja reposar para que seque la pintura, a continuación, se traslada al almacén de producto terminado.



### 3. ¿Cómo se realiza la producción de Tijerales?

#### 3.1 ¿Cómo se realiza la fabricación de Tijerales?

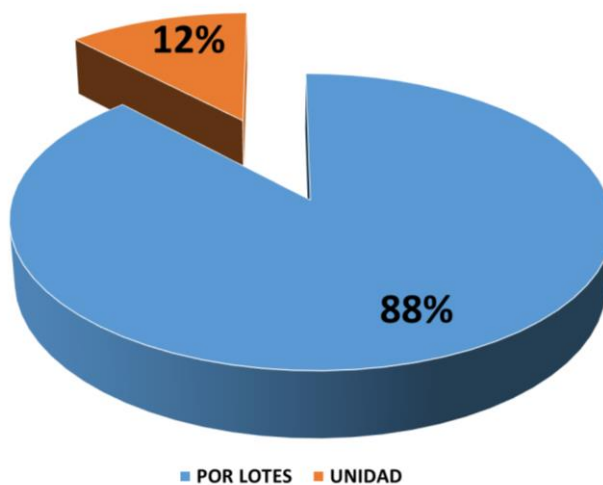


Figura N°19: Manera de producción de tijerales en la fabricación.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°19, se observa que un 88% de los trabajadores en el proceso de fabricación de tijerales, el proceso de fabricación se realiza por lotes, mientras que un 12% de los trabajadores, el proceso de fabricación se realiza por unidad.

#### 3.2 ¿Cómo se realiza el acabado de Tijerales?

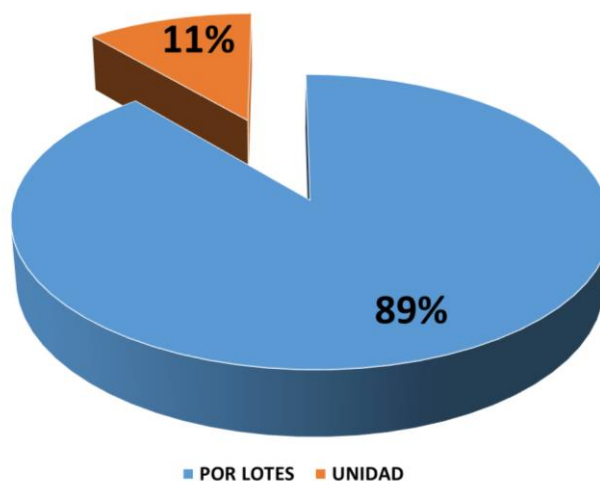


Figura N°20: Manera de producción de tijerales en el acabado.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°20, se observa que un 89% de los trabajadores en el proceso de acabado de tijerales, el proceso de acabado se realiza por lotes, mientras que un 11% de los trabajadores, el proceso de fabricación se realiza por unidad.

4. ¿Cuántas personas hay en el proceso en que labora y como están distribuidas?,  
comente

Tabla N°4: Cantidad de personas por proceso

Proceso	Operario	Ayudante	Total
Habilitado	2	2	4
Armado	2	1	3
Soldado	8	0	8
Arenado	2	4	6
Pintado Base	2	0	2
Pintado Final	2	0	2
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>25</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°4, se observa la distribución del personal por proceso.

5. ¿Qué problemas ha identificado usted durante el proceso que le corresponde?,  
explique ¿por qué?

**5.1 ¿Qué problemas ha identificado en proceso de  
Fabricación de Tijerales?**

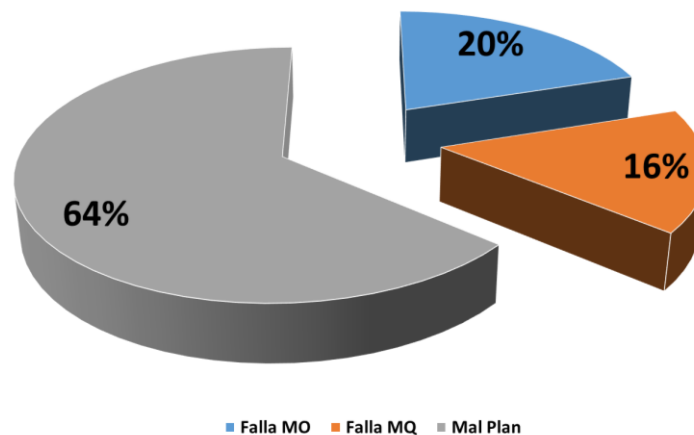


Figura N°21: Problemas en la fabricación de tijerales.

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°21, se observa que en el proceso de fabricación hay un 64% de los trabajadores que indica que el problema principal es la mala planificación, mientras que un 20% de los trabajadores, opina que el problema principal es la

falta de personal calificado y un 16% que opina que el problema principal es por falla de las máquinas.

### 5.2 ¿Qué problemas ha identificado en proceso de Acabado de Tijerales?

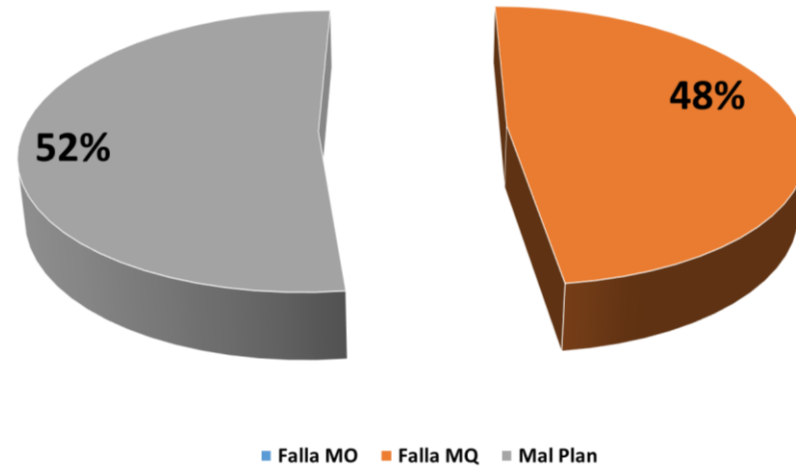


Figura N°22: Problemas en el acabado de tijerales.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°22, se observa que en el proceso de acabado hay un 52% de los trabajadores que indica que el problema principal es la mala planificación, mientras que un 48% de los trabajadores, opina que el problema principal es por la falla de las máquinas.

### 6. ¿Cuenta con las herramientas adecuadas y completas en el proceso?

#### 6.1 ¿Cuenta con las herramientas adecuadas y completas para la Fabricación de Tijerales?

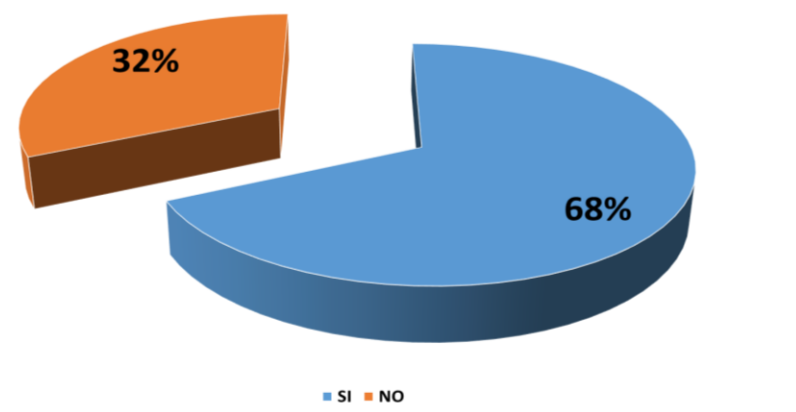


Figura N°23: Herramientas adecuadas en la fabricación de tijerales.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°23, se observa que en el proceso de fabricación hay un 68% de los trabajadores que indica que, si cuenta con las herramientas adecuadas, mientras que un 32% de los trabajadores, indica que no cuenta con las herramientas adecuadas.

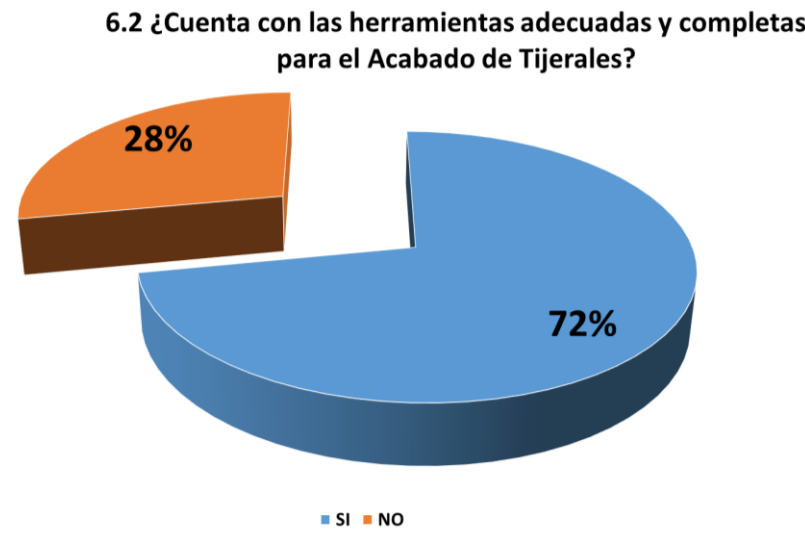


Figura N°24: Herramientas adecuadas en el acabado de tijerales.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°24, se observa que en el proceso de acabado hay un 72% de los trabajadores que indica que, si cuenta con las herramientas adecuadas, mientras que un 28% de los trabajadores, indica que no cuenta con las herramientas adecuadas.

En resumen, se sobre las encuestas se puede afirmar:

Indican que los materiales no estuvieron disponibles en forma completa desde el inicio del proyecto, esto pudo generar alguna demora posterior.

Según la percepción de los trabajadores no ha habido un plan que guie las actividades de la fabricación y el acabado. La fabricación y el acabado se realizó por lotes, lo cual implica más tiempo que un sistema de flujo continuo, porque existen tiempos de espera, de transporte y de preparación, sino hubo una buena planificación no fue extraño que no se llegará a tiempo.

La cantidad de personas (25) implica que se necesita gestionar una logística de RRHH, en el sentido asegurar los servicios necesarios para que dicho personal se desempeñe de la mejor manera (hospedaje, alimentación, pasajes, lavandería, entretenimiento, pago de planillas)

Por otro lado, por referencias del mismo gerente del proyecto con respecto a su rol, este incluía además realizar la parte logística de equipos, materiales y personal, además de las labores de planificación y control del proyecto de producción y acabado de tijerales, es decir el concentró todos estos roles durante la ejecución del proyecto.

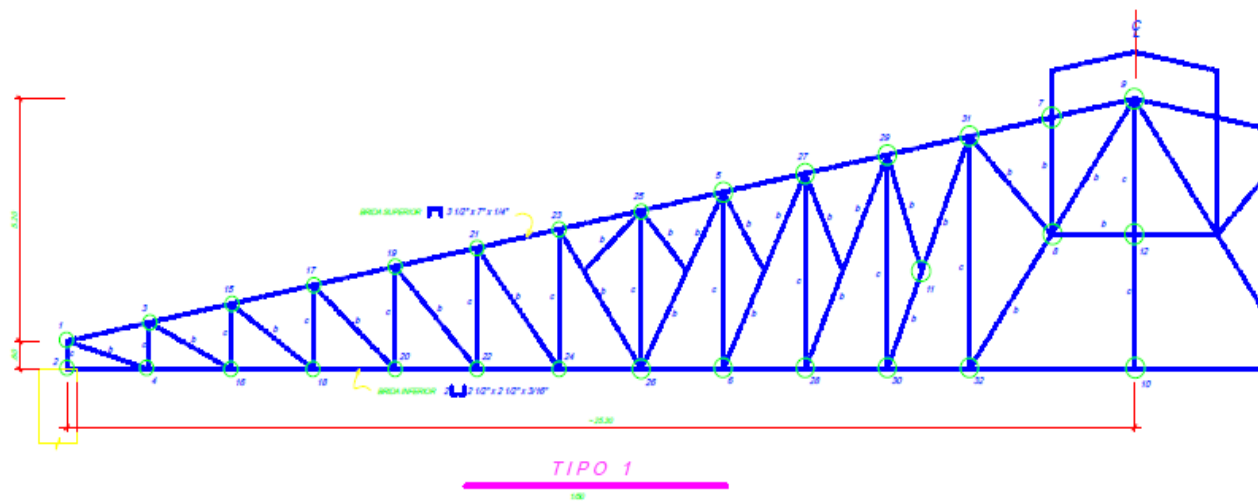
#### 5.1.2 Empresa Cliente

La empresa cliente contrató a la empresa contratista que es objeto de estudio de la presente investigación, para fabricar las estructuras metálicas (tijerales) para la cubierta de su nueva planta procesadora de cítricos y palta, la cual consistió en fabricar los 37 tijerales para que así puedan entrar a trabajar los otros proveedores del proyecto, como, por ejemplo, los proveedores de cámaras de frío, túneles de enfriamiento, máquinas de selección, cámaras de desverdizado, drenchado, entre otros. Ya que estos proveedores dependían de la entrega de dichas estructuras para poder comenzar con sus respectivos trabajos.

Lo que esperaba la empresa cliente es que se termine a tiempo dicho proyecto y así poder procesar y empacar sus frutos en la planta dentro de lo programado, pero la empresa contratista al ejecutar el proyecto en 95 días no cumplió con el tiempo pactado de 80 días, ocasionando que se retrase la implementación total de la nueva planta y en consecuencia se tuvo que subcontratar el procesamiento de toda la campaña en otra planta, generando mayor trabajo de gestión, mayor costo de producción, e insatisfacción para la empresa cliente.

### 5.1.3 Definición del Producto

Este proyecto cuenta con la producción (fabricación y acabado) de las estructuras metálicas (37 tijerales que equivalen a 148 cuartos de tijeral) cuyos planos de estructuras se puede apreciar en las figuras N° 25 al N°29



**AVISO IMPORTANTE**  
 1 - El constructor deberá tener en cuenta que las medidas (cotas, dimensiones) indicadas explícitamente en los planos, prevalecen sobre las medidas del dibujo. No se debe medir en el plano, sino buscar el lugar en que se precise (numéricamente) lo que se está buscando.

Nº	FECHA	DESCRIPCIÓN
1	27-10-2013	ARMANDO (ART)
REVISIONES - MODIFICACIONES		

Nueva Planta de Cítricos			
Proyecto: BUDDY THE		Proyecto: BETA CHINCHA	
Empresa: SECOND S.A.C.	Ingeniero: J. ALVARO TORO VERA	Arquitecto: EDUARDO GARCIA D.	E - 09
Fecha: 2013-10-27	Fecha: 1/00	Fecha: 1/00	E-09

Figura N°25: Plano de Esquema de tijeral.  
 Fuente: Proyecto Beta.

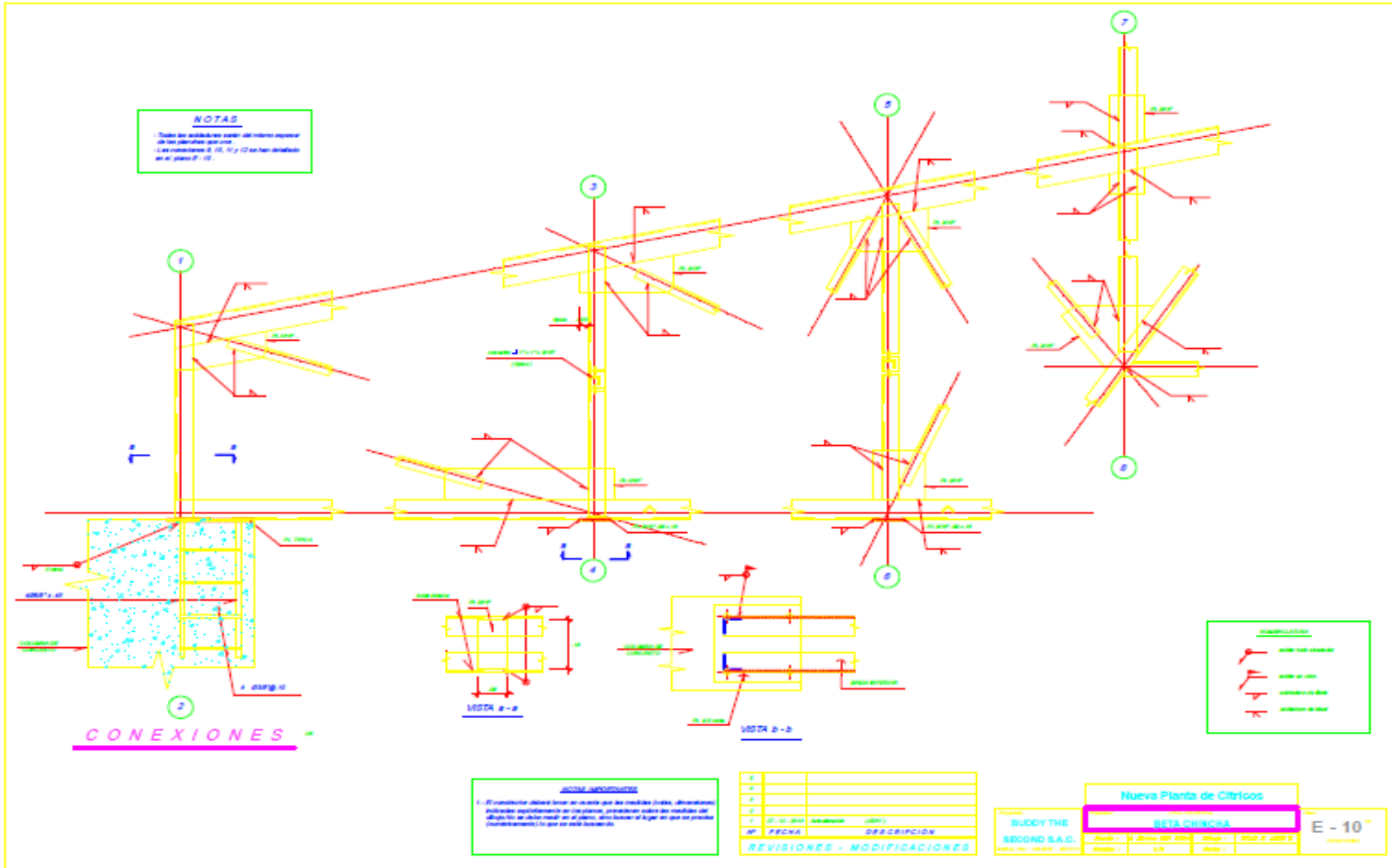


Figura N°26: Plano de Conexiones.  
Fuente: Proyecto Beta



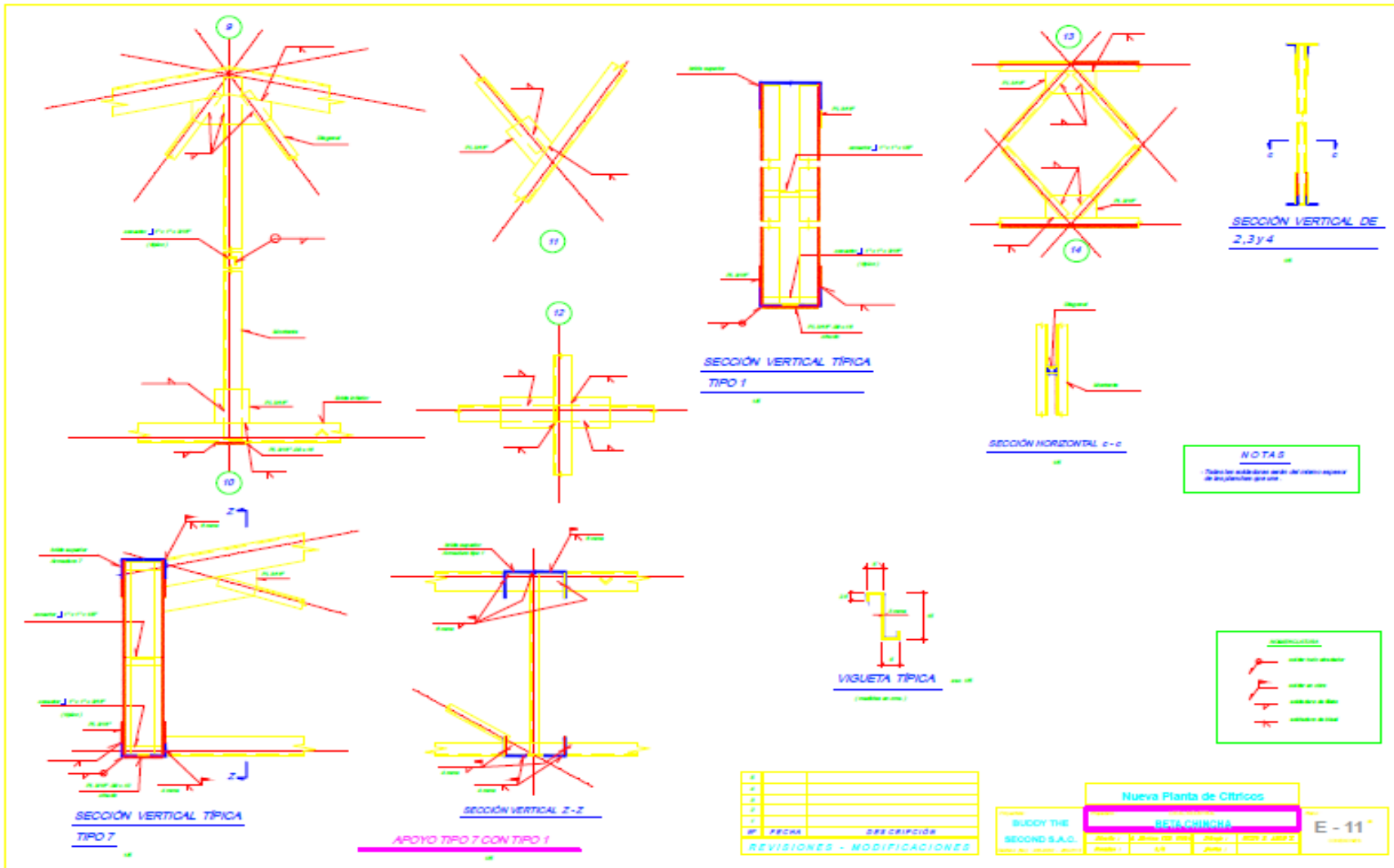


Figura N°27: Plano de Conexiones.  
Fuente: Proyecto Beta

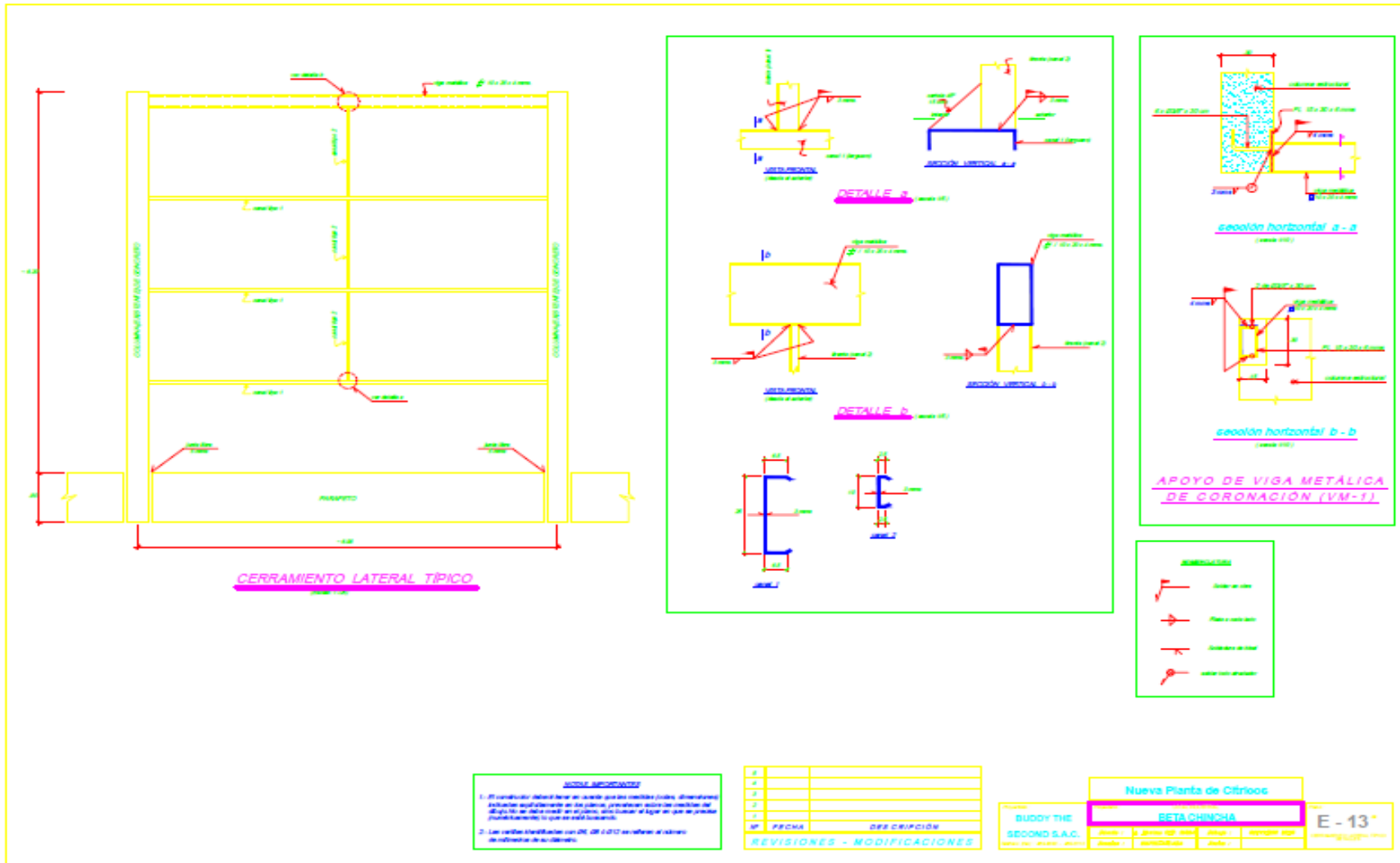


Figura N°28: Plano de Cerramiento Lateral Típico, detalles.  
Fuente: Proyecto Beta.

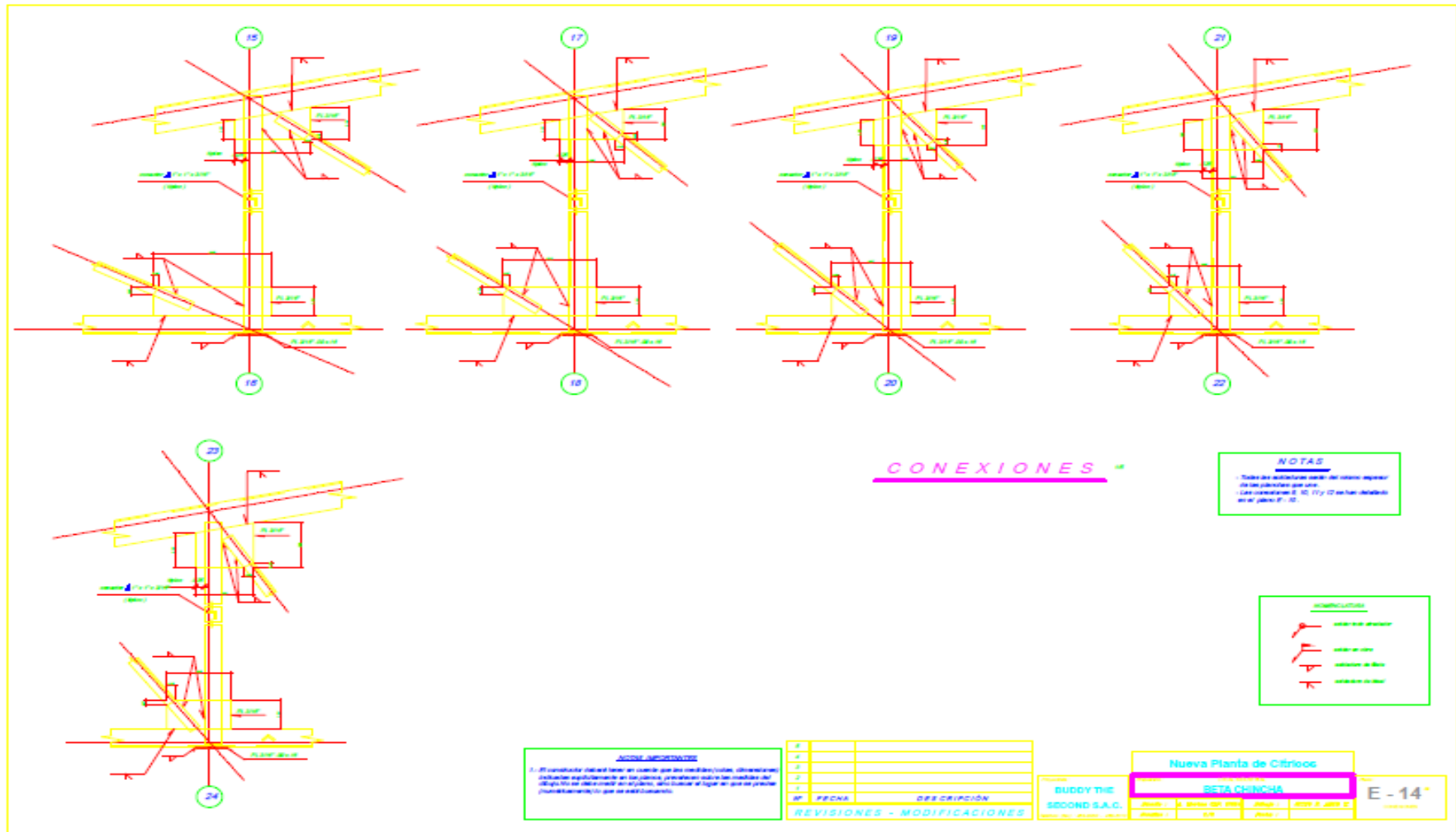


Figura N°29: Plano de Conexiones.  
Fuente: Proyecto Beta.

A continuación, se presentan fotos reales del proyecto Beta que se realizó en el km 305 del departamento de Ica, provincia de chincha, distrito del Carmen.

- Abastecimiento de MP:



Figura N°30: Recepcion de materia prima.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Habilitado



Figura N°31: Habilitado de piezas.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Corte



Figura N°32: Corte de la materia prima.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Trazado



Figura N°33: Trazado de la matriz.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Armado



Figura N°34: Armado del tijeral.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Apuntalado



Figura N°35: Apuntalado del armado del tijeral.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Soldado



Figura N°36: Soldado de tijerales.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Arenado



Figura N°37: Arenado de tijerales.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Limpieza



Figura N°38: Limpieza del tijeral despues de arenar.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Pintado Base



Figura N°39: Pintado base.  
Fuente: Proyecto Beta.

- Pintado Final



Figura N°40: Pintado final.  
Fuente: Proyecto Beta.



Figura N°41: Pintado final.  
Fuente: Proyecto Beta

#### 5.1.4 Elementos del Sistema Productivo

A continuación, se detalla todos los elementos que se emplean en la producción de estructuras metálicas:

- ✓ Caballetes



Figura N°42: Caballetes  
Fuente: Proyecto Beta

- ✓ Transporte, Camión Grúa



Figura N°43: Camión Grúa  
Fuente: Proyecto Beta

- ✓ Pintura



Figura N°44: Pintura.  
Fuente: Proyecto Beta



✓ Máquina de arenado



Figura N°45: Máquina arenadora.  
Fuente: Proyecto Beta

✓ Máquina de pintado



Figura N°46: Máquina de pintado.  
Fuente: Proyecto Beta

✓ Herramientas de corte



Figura N°47: disco de corte.  
Fuente: Proyecto Beta

### 5.1.5 Procesos de Fabricación y Acabado

La empresa contratista tiene una organización caracterizada por un solo gerente que cumple funciones de gerente general, gerente de operaciones, gerente administrativo y se encarga de la logística de los materiales, equipos y personas, sub contrata la contabilidad, subcontrata servicios legales, subcontrata el transporte, y alquila equipos que complementan a los equipos existentes en cada lugar donde se realiza los proyectos.

Además, cuenta con un equipo de 25 personas, todos ellos maestros y operarios de producción, que son un personal estable en la organización, que cuentan con muchos de experiencia, en cuanto a ayudantes suele contratar a personal de la zona de ubicación del proyecto.

Es decir, en la actualidad la empresa no cuenta con una estructura organizacional formal, ni con políticas y procedimientos escritos, sin embargo, eso no ha impedido que en sus inicios la empresa realice buenos proyectos en el pasado porque ha gestionado adecuadamente un equipo de trabajo muy capaz y con experiencia en los componentes esenciales de sus procesos que son la fabricación, acabado e izaje de estructuras metálicas, además ha podido organizar dicho equipo con puestos y roles de trabajo definidos, por ejemplo solo trabaja con soldadores homologados, no obstante, conforme el nivel y complejidad de sus proyectos se fueron incrementando con el devenir del tiempo, ha sido cada vez más difícil mantener la misma calidad en sus proyectos, probablemente debido a que la empresa carece de una infraestructura organizacional que soporte adecuadamente la labor operativa, lo cual ha venido limitando significativamente su capacidad de respuesta en el cumplimiento de los plazos del servicio a los clientes en el último año.

#### A. Proceso de Fabricación

Una característica de contexto en la realización de los proyectos de estructuras metálicas desarrollados por la contratista, es que se tiene realizar un layout en un espacio proporcionado por el cliente (en las propias instalaciones del cliente) o

alquilado por la contratista y que esté ubicado geográficamente relativamente cerca de las instalaciones del cliente. Es decir la contratista tiene que organizar su distribución de espacios donde se van a desarrollar las operación del proceso de fabricación de estructuras metálicas antes del inicio del proyecto.

A continuación, se detalla mediante el flujograma del proceso actual las operaciones de la que está compuesto el proceso de fabricación, el cual muestra en detalle las tareas que se realizan en el proceso de fabricación.

Cabe resaltar, que una característica es el ruido que se genera en este proceso, en especial en el habilitado, porque existen operaciones de corte de perfiles, ángulos y zetas de acero que generan mucho ruido. Lo que implica la necesidad utilizar equipos de protección de personal.

Otro aspecto a tomar en cuenta, es que cuando el proceso de fabricación de tijerales se realizó en el proyecto del Clientes Agroindustrial Beta, el flujo de fabricación se bifurcó en dos caminos, lo que implica que la organización de espacios para los procesos de fabricación no pudo evitar utilizar más espacio para la realización de por ejemplo del soldado, lo que afectó posteriormente al proceso de acabado.

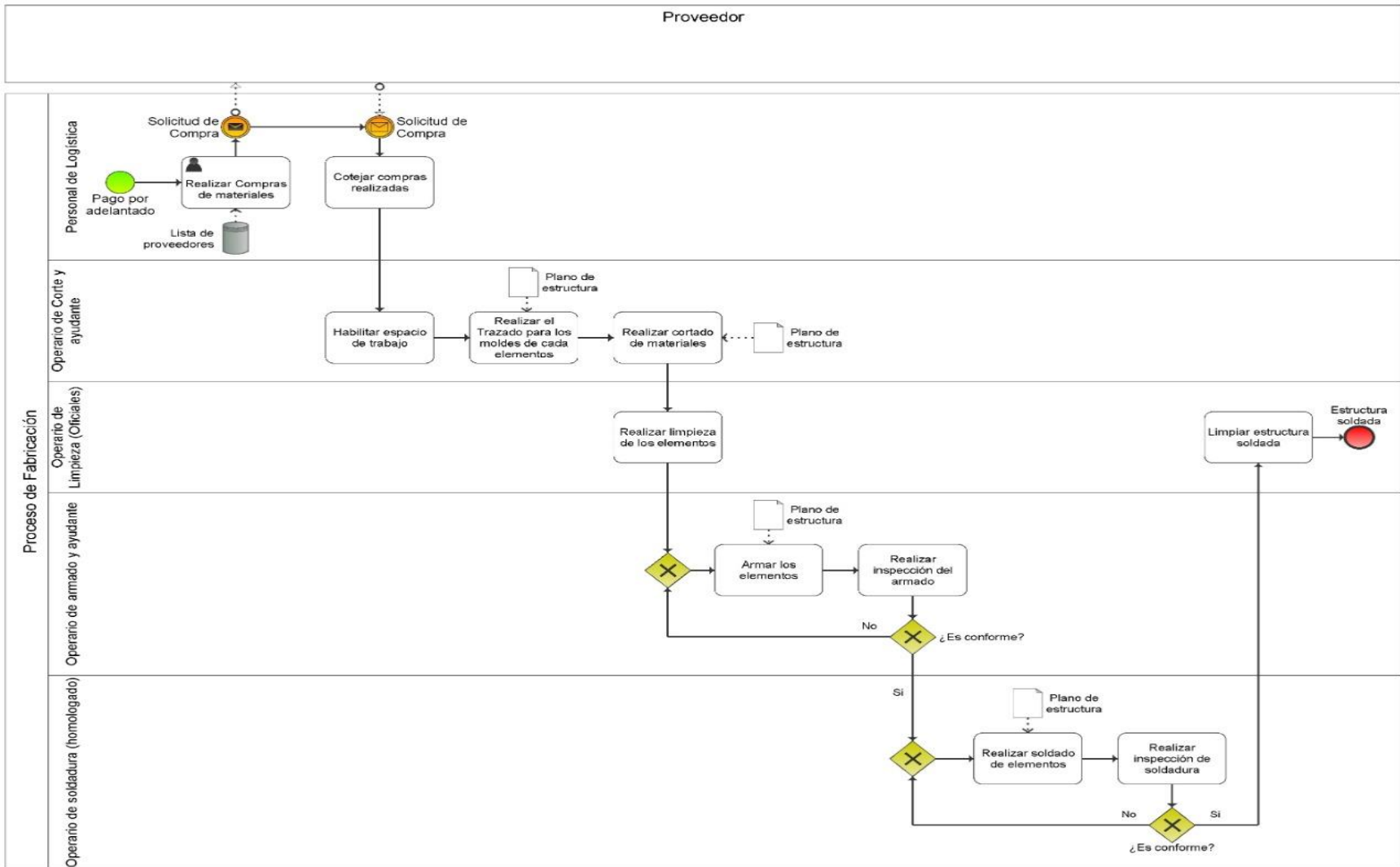


Figura N°48: Flujograma del proceso de Fabricación.  
Fuente: Elaboración Propia.

## B. Proceso de Acabado

En la misma forma que el proceso de producción, se repite la característica de contexto realizar un layout en un espacio proporcionado por el cliente (en las propias instalaciones del cliente) o alquilado por la contratista, que esté ubicado geográficamente relativamente cerca de las instalaciones del cliente, junto con el área de fabricación. También en este proceso, la contratista tiene que organizar su distribución de espacios donde se van a desarrollar las operaciones del proceso de acabado de estructuras metálicas antes del inicio del proyecto.

A continuación, se detalla mediante el siguiente flujograma el contenido del proceso actual de acabado de tijerales que se realiza en los proyectos de estructuras metálicas.

Una característica de este proceso es la cantidad de polvo que genera, tanto en el arenado como ambos procesos de pintado, lo cual obliga a que los operarios trabajen con equipos de protección personal.

Además, en el proyecto del Cliente Agroindustrial Beta, todo el proceso de acabado estaba bifurcado, es decir existían 2 áreas de soldado y los subprocesos de acabado tales como el arenado y pintados basa y final, continuaron con la bifurcación del proceso soldado, es decir en el layout de producción hubo 2 áreas de arenado, 2 áreas de pintado base y 2 áreas de pintado final, lo cual refleja que hubo cierta falta de control en la organización y distribución de espacios.

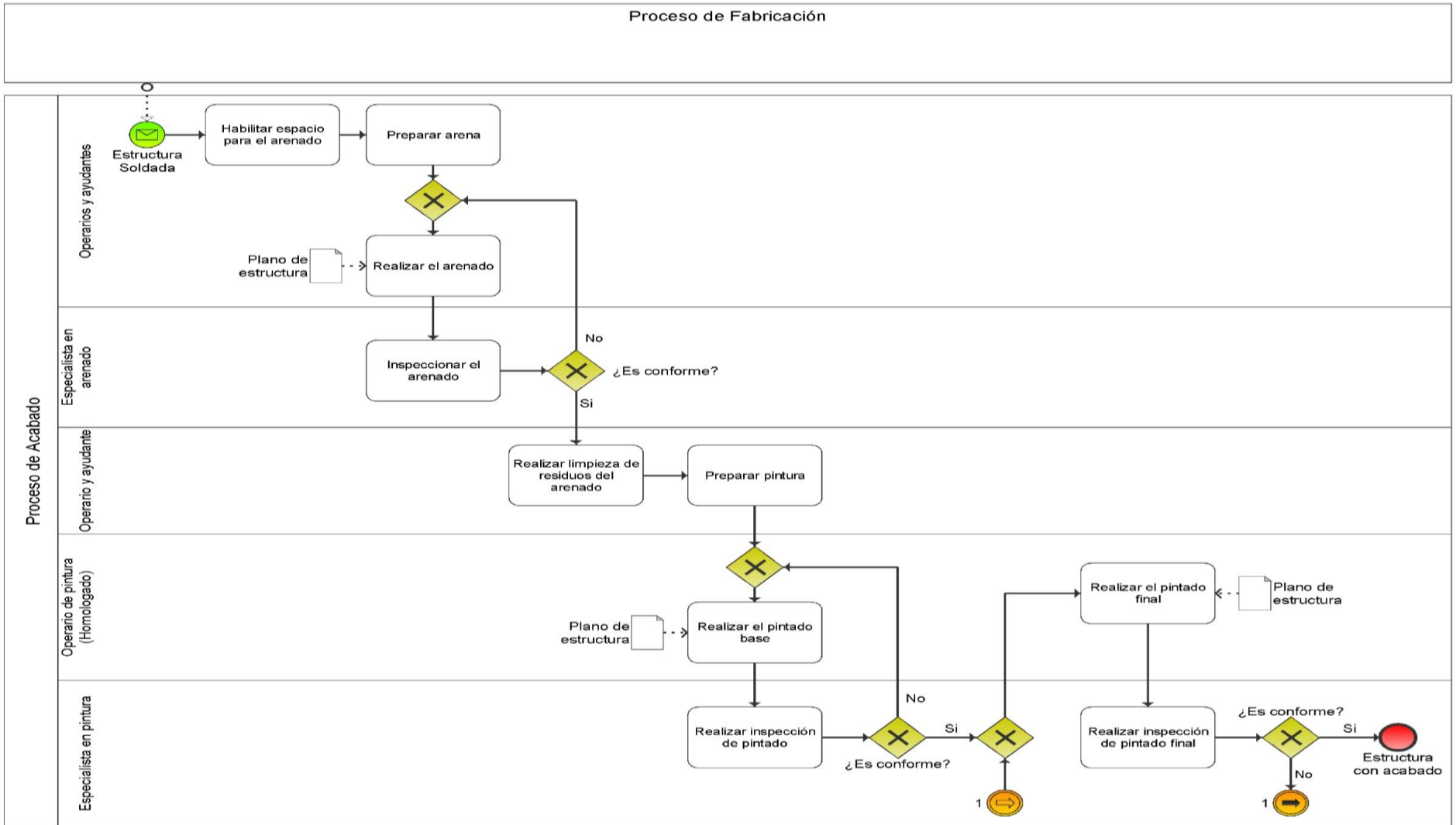


Figura N°49: Flujograma del proceso de Acabado.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 5.1.6 Presentación del Problema

El problema consistió en que el proyecto de producción de estructuras metálicas (tijerales) se demoró 10 días más de lo previsto, el plazo contractual fue de 80 días y el plazo ejecutado (real) fue de 95 días. El impacto que trajo este hecho fue que obligó al cliente a incurrir en un sobre costo porque tuvo que subcontratar a otra planta para el procesamiento de la campaña 2018, además de haber retrasado todos los otros proyectos complementarios para la inauguración de la nueva planta proyectada

Parte del impacto de este hecho también incluye las referencias que realizará la empresa cliente de la empresa contratista, y su efecto negativo en cuanto a la disminución de oportunidades de realización de futuras obras o proyectos similares, todo lo cual plantea la necesidad de resolver las causas de la demora en el cumplimiento del plazo comprometido en este tipo de proyectos.

## 5.2. MEDIR

### 5.2.1. Takt Time

Para calcular el Takt Time (tasa de la demanda), el cual está expresado en el tiempo requerido por unidad de producto terminado demandando, para su estimación se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- Plazo de entrega: 80 días
- Número total de tijerales: 37 tijerales
- Número total por cuartos de tijeral: 148 cuartos de tijeral (37 x 4)

Se estimó por conveniente trabajar en unidades equivalentes a cuartos de tijeral, debido a que la producción es por cuartos de tijeral.

$$Takt\ Time = \frac{80\ días}{148\ cuartos\ de\ tijeral}$$

$$Takt\ Time = 0.54\ días/cuarto\ de\ tijeral$$

Sin embargo, los resultados de la fabricación y acabado de tijeral fueron:

$$\text{Producción} = \frac{95 \text{ días}}{148 \text{ cuartos de tijeral}}$$

$$\text{Producción} = 0.64 \text{ días/cuarto de tijeral}$$

Comparando con este último resultado con el takt time, se puede apreciar que la producción se hizo a un ritmo menor o más lento que el takt time, lo cual indica que el proyecto no se iba a cumplir en el tiempo, no habiéndose previsto o percatado de este detalle en la planificación ni tampoco durante la ejecución del proyecto.

### 5.2.2. Tablas de Tiempos

En las siguientes tablas N°5 y 6 se muestran los resultados del estudio de tiempos para la producción de cuartos de tijeral, con respecto al estudio de tiempos, según Niebel (2014) cuando el tiempo de ciclo supera los 10 minutos el número de observaciones recomendado para un estudio de tiempos es 10 de observaciones, para el caso de la presente investigación se realizaron 12 observaciones, con el propósito de determinar el tiempo de estándar de las operaciones, empleando tiempos continuos para obtener un registro completos de tiempo, realizado con la técnica de vuelta a cero para evitar errores y además con verificaciones posteriores de la validez de las observaciones.

Tabla N°5: Tiempos para el proceso de fabricación por cuarto de tijeral

Proceso: Habilitado		N° de OBSERVACIÓN												Obs.	Valora	Normal	Suplementos					Tiempo
N°	Descripción Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom	ción		NecPers	Fat.	Var.	Cont.	Total	Estándar
1	Habilitado	0.62	0.60	0.63	0.59	0.62	0.60	0.63	0.59	0.63	0.60	0.62	0.59	0.61	1.05	0.64	0.05	0.04	0.04	0.04	0.17	0.75
2	Preparar estación trabajo	0.44												0.44	0.95	0.42	0.05	0.04	0.04	0.06	0.19	0.50
3	Transporte ste. estación	0.10	0.12	0.11	0.12	0.10	0.13	0.09	0.10	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	1.00	0.11	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	0.13
4	Tiempo de espera	2.46	2.47	2.45	2.44	2.48	2.46	2.46	2.46	2.47	2.45	2.48	2.44	2.46	1.00	2.46	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	2.90

Proceso: Armado		N° de OBSERVACIÓN												Obs.	Valora	Normal	Suplementos					Tiempo
N°	Descripción Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom	ción		NecPers	Fat.	Var.	Cont.	Total	Estándar
1	Armado	0.64	0.65	0.66	0.64	0.66	0.67	0.63	0.64	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	1.05	0.68	0.05	0.04	0.04	0.04	0.17	0.80
2	Preparar estación trabajo	1.24												1.24	0.95	1.18	0.05	0.04	0.04	0.06	0.19	1.40
3	Transporte ste. estación	0.05	0.06	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	1.00	0.04	0.05	0.02	0.01	0.06	0.14	0.05
4	Tiempo de espera	1.36	1.35	1.36	1.37	1.38	1.36	1.34	1.37	1.35	1.37	1.35	1.36	1.36	1.00	1.36	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	1.60

Proceso: Soldado		N° de OBSERVACIÓN												Obs.	Valora	Normal	Suplementos					Tiempo
N°	Descripción Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom	ción		NecPers	Fat.	Var.	Cont.	Total	Estándar
1	Soldado	4.48	4.49	4.49	4.48	4.47	4.47	4.49	4.48	4.47	4.49	4.47	4.48	4.48	1.05	4.70	0.05	0.04	0.04	0.04	0.17	5.50
2	Preparar estación trabajo	0.44												0.44	0.95	0.42	0.05	0.04	0.04	0.06	0.19	0.50
3	Transporte ste. estación	0.020	0.019	0.021	0.020	0.019	0.021	0.021	0.020	0.019	0.019	0.021	0.020	0.02	1.050	0.021	0.050	0.040	0.040	0.050	0.180	0.025
4	Tiempo de espera	0.30	0.28	0.32	0.30	0.29	0.31	0.30	0.30	0.31	0.29	0.30	0.30	0.25	1.00	0.25	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	0.30

Fuente: Elaboración propia



En la tabla arriba indicada, se muestra los resultados del estudio de tiempos, con 12 observaciones, realizado al proceso de fabricación, cabe indicar que, para el caso de las preparaciones de trabajo, solo se tomó la medición una vez, esta consiste en la preparación de la estación de trabajo la cual se realiza una sola vez para todo el proyecto.

Como podemos apreciar de dicha tabla, en el caso de los 3 primeros procesos de fabricación de cuartos de tijera el principal tiempo lo constituye el elemento 1, el cual concentra todas las tareas que generan valor en cada de estación de trabajo, y son a su vez las operaciones que más tiempo llevan.

Se ha considerado suplementos de necesidades personales, fatiga, variables y contingentes, dado que el trabajo se realizó en un campo abierto sin techo, expuesto incluso a contingencias del tiempo. También podemos considerar o tomar en cuenta que la operación de soldado es la que más tiempo lleva que en el caso de las operaciones de habilitado y armado, es decir es la operación cuello de botella, no están equilibradas dichas operaciones de fabricación

Con respecto a la siguiente tabla a continuación, se muestra los resultados del estudio de tiempos de los procesos de arenado, pintado base y pintado final, lo que resalta de dicho cuadro es que todas estas operaciones tienen el mismo tiempo, es decir están equilibradas.

Tabla N°6: Tiempos para el proceso de acabado por cuarto de tijeral

Proceso: Arenado		N° de OBSERVACIÓN												Obs. Prom	Valoración	Normal	Suplementos					Tiempo Estándar
N°	Descripción Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				NecPers	Fat.	Var.	Cont.	Total	
1	Arenado	0.43	0.41	0.45	0.43	0.44	0.42	0.43	0.43	0.42	0.43	0.44	0.43	0.43	1.00	0.43	0.05	0.04	0.04	0.04	0.17	0.50
2	Preparar material	0.59	0.58	0.60	0.59	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.60	0.58	0.59	0.59	1.00	0.59	0.05	0.04	0.04	0.06	0.19	0.70
3	Transporte ste. estación	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	1.00	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	0.08
4	Tiempo de espera	0.59	0.58	0.60	0.59	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.60	0.58	0.59	0.59	1.00	0.59	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	0.70

Proceso: Pintado Base		N° de OBSERVACIÓN												Obs. Prom	Valoración	Normal	Suplementos					Tiempo Estándar
N°	Descripción Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				NecPers	Fat.	Var.	Cont.	Total	
1	Pintado Base	0.42	0.43	0.43	0.42	0.43	0.44	0.43	0.43	0.41	0.45	0.43	0.44	0.43	1.00	0.43	0.05	0.04	0.04	0.04	0.17	0.50
2	Preparar material	0.50	0.50	0.48	0.49	0.51	0.50	0.50	0.52	0.51	0.49	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	0.05	0.04	0.04	0.06	0.19	0.60
3	Transporte ste. estación	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	1.00	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	0.05
4	Tiempo de espera	1.10	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	1.30

Proceso: Pintado Final		N° de OBSERVACIÓN												Obs. Prom	Valoración	Normal	Suplementos					Tiempo Estándar
N°	Descripción Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				NecPers	Fat.	Var.	Cont.	Total	
1	Pintado Final	0.44	0.43	0.43	0.41	0.45	0.43	0.44	0.42	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	1.00	0.43	0.05	0.04	0.04	0.04	0.17	0.50
2	Preparar material	0.50	0.50	0.52	0.51	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.48	0.49	0.51	0.50	1.00	0.50	0.05	0.04	0.04	0.06	0.19	0.60
3	Transporte ste. estación	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	1.00	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	0.05
4	Tiempo de espera	1.20	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	1.10	0.05	0.04	0.04	0.05	0.18	1.30

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3. Diagrama de Análisis de Proceso - DAP

En la siguiente página podemos apreciar el diagrama de análisis del proceso, cabe resaltar que, según Niebel (2014) este diagrama permite eliminar o reducir costos no visibles a simple vista o costos hundidos, debido a que indica claramente los transportes, demoras y almacenamientos, esta información puede dirigirnos a reducir la cantidad de elementos, así como reducir la duración de los mismos. Además, como muestra las distancias es muy útil para la distribución de planta, la cual analizaremos más adelante.

Con respecto a este diagrama mostrado en la tabla siguiente, podemos afirmar que la operación cuello de botella de todo el proceso es el soldado, la cual analizaremos en la fase de mejora, cabe mencionar que otros elementos susceptibles de mejora son los transportes y las demoras.

## Proceso de fabricación

Tabla N°7: DAP del Proceso de Fabricación.

N°	Actividades	Proceso	Tiempo Estandar	Símbolo				
				●	■	➔	◐	▼
1	Preparar estación trabajo	Habilitado	0.50	●				
2	Habilitado	Habilitado	0.75	●				
3	Transporte ste. estación	Habilitado	0.13					
4	Tiempo de espera	Habilitado	2.90					
5	Preparar estación trabajo	Armado	1.40	●				
5	Armado	Armado	0.80	●				
6	Transporte ste. estación	Armado	0.05					
7	Tiempo de espera	Armado	1.60					
8	Preparar estación trabajo	Soldado	0.50	●				
9	Soldado	Soldado	5.50	●				
10	Transporte ste. estación	Soldado	0.02					
11	Tiempo de espera	Soldado	0.30					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°8. DAP del Proceso de Acabado.

N°	Actividades	Proceso	Tiempo Estandar	Símbolo				
				●	■	➔	◐	▼
1	Preparar material	Arenado	0.70	●				
2	Arenado	Arenado	0.50	●				
3	Transporte ste. estación	Arenado	0.08					
4	Tiempo de espera	Arenado	0.70					
5	Preparar material	Pintado Base	0.60	●				
6	Pintado Base	Pintado Base	0.50	●				
7	Transporte ste. estación	Pintado Base	0.05					
8	Tiempo de espera	Pintado Base	1.30					
9	Preparar material	Pintado Final	0.60	●				
10	Pintado Final	Pintado Final	0.50	●				
11	Transporte ste. estación	Pintado Final	0.05					
12	Tiempo de espera	Pintado Final	1.30					

Fuente: Elaboración Propia.

## 5.3. ANALIZAR

### 5.3.1. Diagrama Ishikawa

En la figura N°50 se aprecia el diagrama el Ishikawa el cual está conformado en cuatro categorías:

- Mano de obra: Demora para obtener personal calificado, escasa planificación del recurso humano.

- Materiales: Inadecuada planificación de materiales, materiales insuficientes.
- Método: Demora para la realización del acabado, habilitación de herramientas y mesas de trabajo, creación de módulo para el arenado y pintado. Pérdida de pintura en estructura, Reposo inadecuado para el secado.

De la observación del diagrama indicado, se puede apreciar que está resaltado que una de las causas de demora es el cuello de botella en la operación de soldado, como ya se mencionó al analizar los tiempos, pero también está indicado la inadecuada planificación del flujo de materiales. Esto último se debió a que el Gerente de la empresa contratista acaparó las funciones logísticas de transporte de equipos, materiales y personas, así como la gestión de las mismas en su estadía en la ciudad de Chincha, lo que no le permitió planificar el proyecto con detalle, dado que no contó con personal de apoyo en aspectos de planeamiento y control (Ver figura N°50).

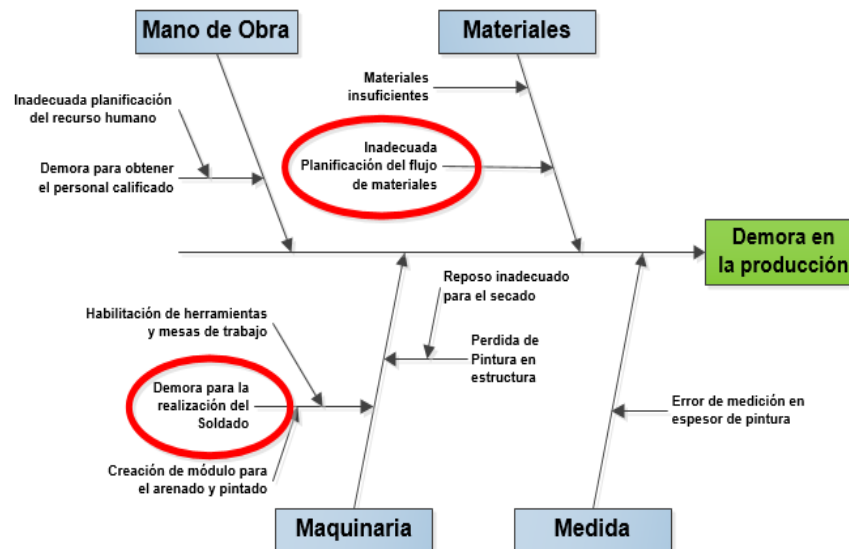


Figura N°50: Diagrama de Ishikawa de la demora en la producción.  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica que organiza valores, los cuales están separados por barras y organizados de mayor a menor, de izquierda a derecha respectivamente. Esta gráfica permite asignar un orden de prioridades para la toma de decisiones de una organización y determinar cuáles son los problemas más graves que se deben resolver primero.

Representa la regla 80/20, es decir, que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias son debido al 20% de las acciones o el 80% de los defectos de un producto se debe al 20% de las causas. Aunque muchos factores contribuyan a una causa, son pocos los responsables de dicho resultado.

En la figura N°51 se aprecia el diagrama de Pareto, el cual es un diagrama bidimensional conformado por barras las cuales indican que el cuello de botella está en el Proceso de Soldado, Ver Figura N°51.

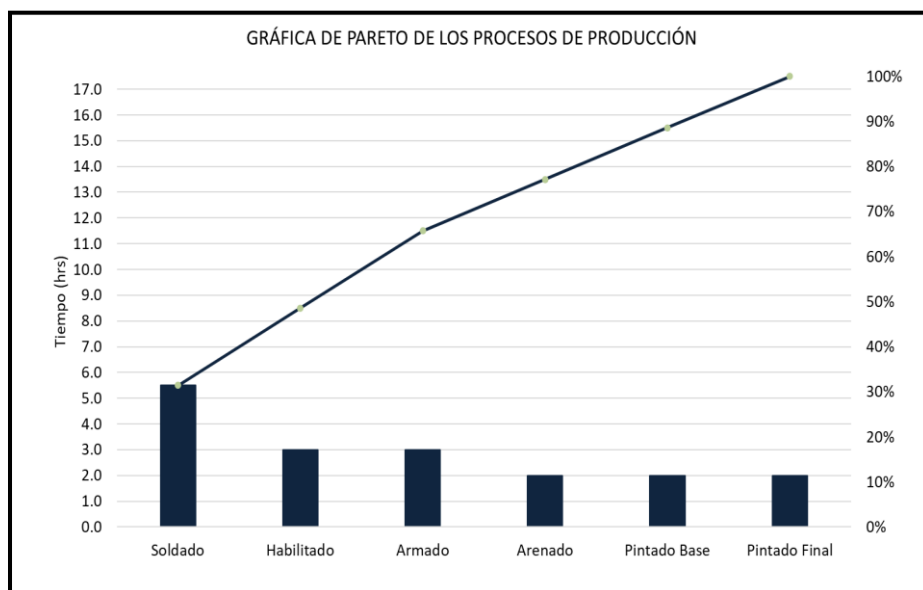


Figura N°51: Gráfico de Pareto de los procesos de Producción.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3. Layout Actual

El objetivo principal de una distribución de planta efectiva es desarrollar un sistema de producción que permita la manufactura del número deseado de productos, con la calidad deseada, el menos costo.

Desde ese punto de vista se evaluó el layout actual, se pudo observar las siguientes:

- No hay un flujo continuo
- Hay 6 almacenes temporales
- Hay bifurcación del proceso (duplicidad de funciones) a partir de la operación de soldado que incrementó la utilización de áreas, en total se usó 13,500 metros cuadrados.

Entonces se deduce que, con la propuesta de una nueva solución, esta debe incorporar una optimización del espacio utilizado de planta, así como evitar la bifurcación y doble utilización de espacio de los procesos.

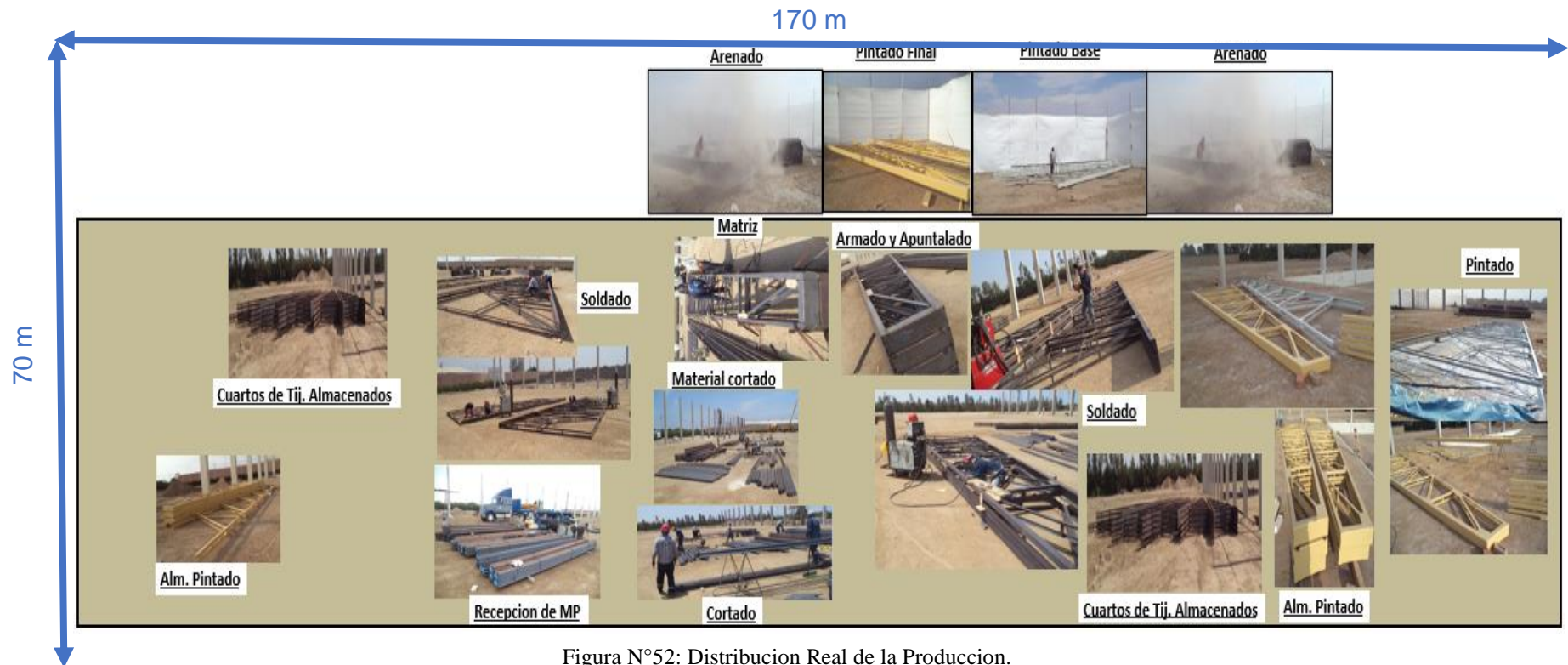


Figura N°52: Distribucion Real de la Produccion.  
 Fuente: Elaboración propia.

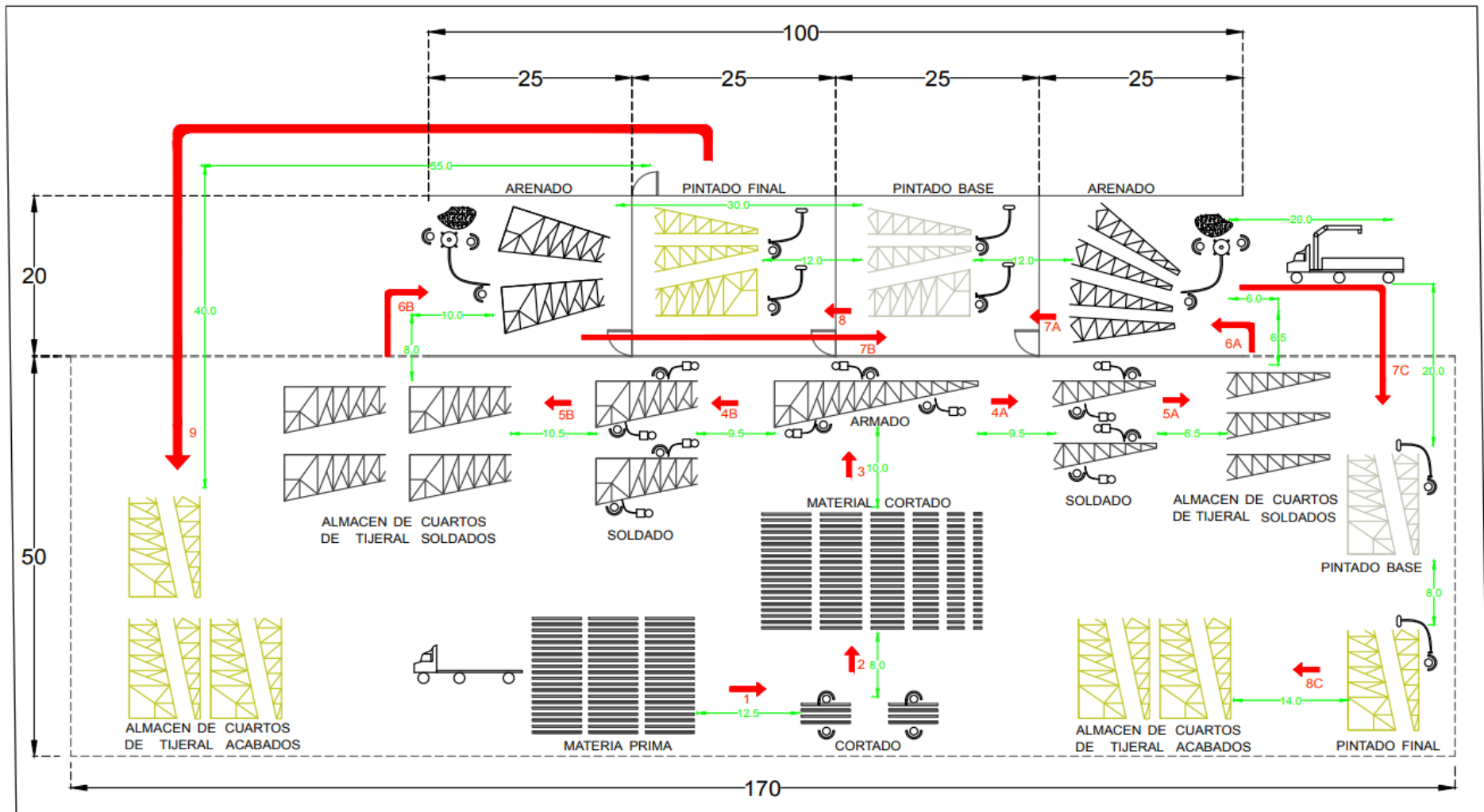


Figura N°53: Layout Real de la Produccion.  
Fuente: Elaboración Propia

#### 5.3.4. Value Stream Mapping (As Is)

Muestra en cada paso el flujo de información y de materiales necesarios desde que empezó el proyecto, una vez que llegaron los materiales, hasta que finalizó. Tiene como beneficio la identificación y relación entre tiempos de valor agregado y tiempos de espera o de no valor agregado, así como la acumulación de inventario durante el proceso. Este diagrama permitirá proponer un futuro en el que se indique cómo debería quedar el flujo de información y de material en cada proceso.

El VSM nos ha permitido identificar además las oportunidades de reducir el contenido y por consiguiente el tiempo de las actividades que no agregan valor tales como el tiempo de espera en cada estación de trabajo, así como el tiempo de transporte hacia la siguiente estación de trabajo, y una parte de los tiempos de preparación del trabajo, en especial para el caso de las operaciones de acabado tales como el arenado, el pintado base y pintado final.

Otra oportunidad de mejora, es que la programación del trabajo se realiza en forma individual controlando cada estación de trabajo en forma independiente, por lotes y con estrategia push, se puede agilizar el proceso aplicando una estrategia pull (como una carrera deportiva en forma de postas, donde cada proceso desde el último al primero “jala” la parte que requiere procesar para cumplir un programa que incluya a todas las operaciones.

En la siguiente figura se muestra el VSM actual, donde se indica el Lead Time real y una aproximación al tiempo óptimo, logrando tener una oportunidad de mejora significativa de 95 a 76 días, es decir 19 días, esta oportunidad puede ser mejorada con una programación a detalle del funcionamiento de la solución tratando de aprovechar las oportunidades de mejora y con una simulación de dicha solución, pero antes mostraremos la simulación de la situación actual.

En la figura N°54 se puede apreciar el VSM, y después del mismo se consigna un análisis al detalle de los tiempos estándares.



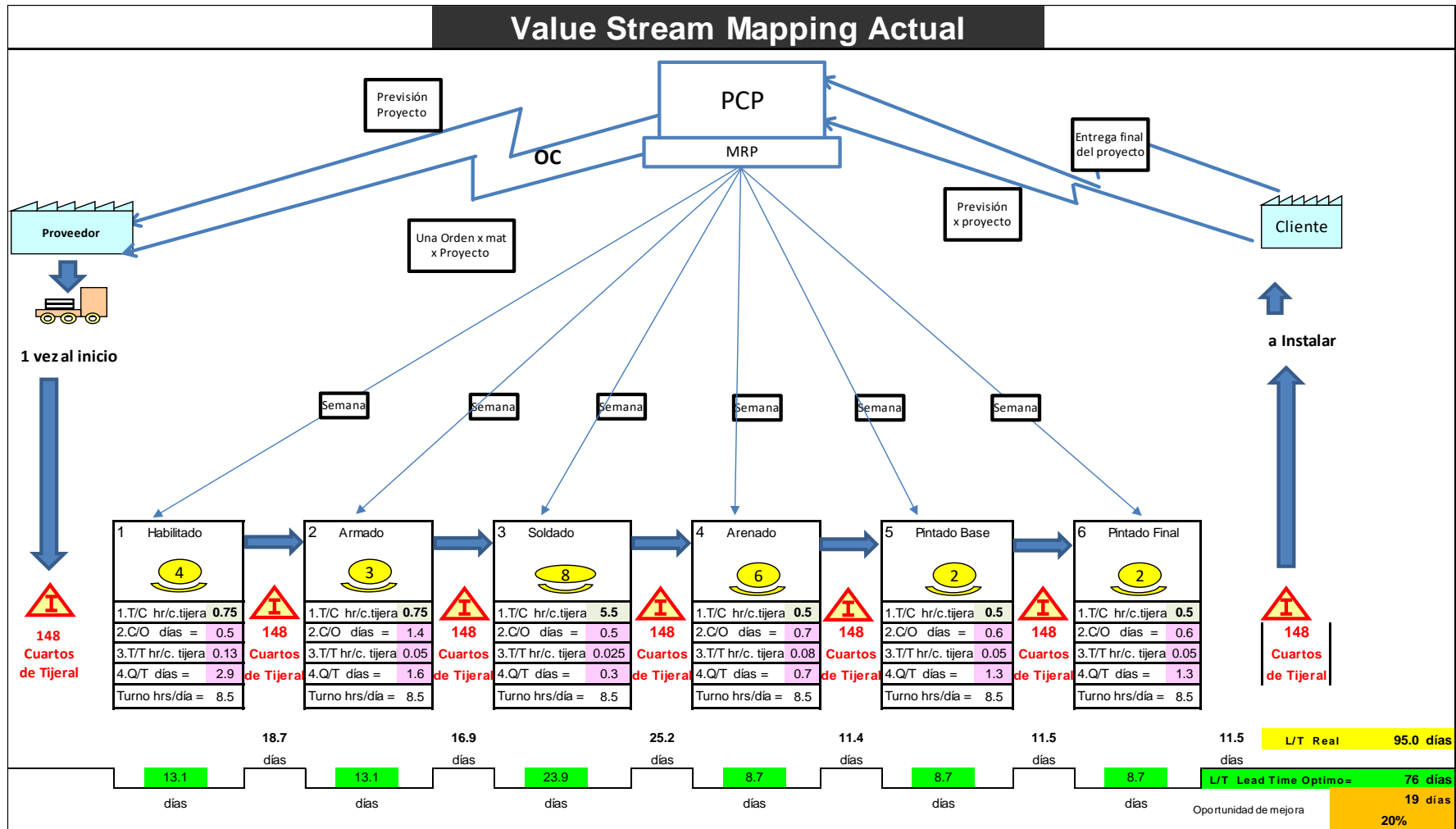


Figura N°54: VSM del Proyecto Producción de Tijerales  
Fuente: Elaboración propia

### Simbología del VSM:

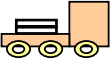



Símbolo	Definición
	Transporte de materia prima
	Inventario
	Material empujado
	Operadores

Figura N° 55: Simbología del VSM  
Fuente: Fabricación Propia

De la figura N°54 se puede apreciar los procesos de producción de estructuras metálicas, empezando por el proceso de habilitado en el cual se procede a medir y cortar la materia prima para abastecer el área de todo el material cortado, este proceso toma un aproximado de 0.75 horas por cuarto de tijeral.

Luego sigue el proceso de armado, el cual consiste en armar y apuntalar cada cuarto de tijeral, el cual toma un promedio de 0.75 horas por unidad.

Una vez armado y apuntalado un cuarto de tijeral, es transportado al área de soldado en donde se suelda por completo todas las uniones, este proceso toma alrededor de 5.5 horas por cuartos de tijeral.

Cuando llega al proceso de arenar, se procede a arenar para poder dejar la superficie ideal del metal para que pueda adherir bien la pintura, este proceso toma un aproximado de 0.5 horas por cuarto de tijeral.

Al tener lista la superficie se procede a aplicar la primera capa de pintura, el cual toma alrededor de 0.5 horas por cuarto de tijeral.

Luego se deja reposar un aproximado de 24 horas para que pueda secar bien la pintura, una vez secado, se procede a aplicar la pintura final, este proceso demora en promedio 0.5 horas por cuarto de tijeral.

Teniendo en cuenta que la jornada laboral es de 8.5 horas/día

A continuación, en la tabla N°9 se detallan todos los tiempos de ciclo (VA) de producción de cuartos de tijerales de estructuras metálicas, tanto para su fabricación como para su acabado.

Tabla N°9. Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral de los procesos.

Proceso	Tiempo de ciclo (T/C)
Habilitado	0.75 hrs
Armado	0.75 hrs
Soldado	5.5 hrs
Arenado	0.5 hrs
Pintado Base	0.5 hrs
Pintado Final	0.5 hrs
Tiempo de ciclo T/C Total (VA)	8.50 hrs

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla N°10 se detallan los tiempos que no generan valor (NV), es decir, tiempo de preparación, tiempo de transporte y tiempo de cola de producción de cuartos de tijerales de estructuras metálicas, tanto para su fabricación como para su acabado.

Los tiempos que agregan valor son los tiempos de maquinado o procesado que cada área o proceso, y a su vez multiplicados por la cantidad de cuartos que hay que producir, por ejemplo, en el caso de la Operación de Armado:

$$\text{Tiempo que Agrega Valor} = \frac{\text{Tiempo Estándar en Hrs} \times \text{Nro Piezas a Producir}}{\text{Número de horas} \times \text{jornada diaria}}$$

Operación Armado:

$$\text{Tiempo que Agrega Valor} = \frac{0.75 \text{ horas} \times 148 \text{ Tijerales}}{8.5 \text{ horas/día}} = 13.1 \text{ días.}$$

Los tiempos que no agregan valor son los tiempos unitarios de: Tiempo de espera, y el tiempo de transporte a la siguiente estación de trabajo, multiplicados por la cantidad de piezas a fabricar. En el caso del tiempo de preparación de máquina o de Set Up se considera tantas veces como corresponda, en algunos casos es una sola preparación para todo el proyecto como es en el Habilitado y Armado, y en otras áreas puede ser todos los días al empezar el día o algunas

veces cada día, por ejemplo la operación Arenado que tiene tiempo de preparación inicial y diario.

Para el caso de la Operación Armado:

- a) El tiempo espera total  $Q/T = \frac{0.01 \text{ horas} \times 148 \text{ c.tijerales}}{8.5 \text{ horas/día}} = 1.6 \text{ días}$
- b) El tiempo de transporte Total  $T/T = \frac{0.05 \text{ horas} \times 148 \text{ c.tijerales}}{8.5 \text{ horas/día}} = 0.87 \text{ días}$
- c) El tiempo de preparación C/O = 1.4 días total para todo el proyecto

Además, a la capacidad de producción:

- ✓ Capacidad de Producción Actual

$$\text{Capacidad de Producción Actual} = \frac{148 \text{ cuartos de tijeral}}{95.7 \text{ días}}$$

$$\text{Capacidad de Producción Actual} = 1.55 \text{ cuartos de tijeral/día}$$

Para poder compararlo con el takt time lo vamos expresar en unidades de tiempo por cada cuarto de tijeral calculando la inversa de la capacidad de producción

$$\text{Capacidad expresada en tiempo x unidad} = \frac{1}{1.55} = \frac{0.64 \text{ días}}{\text{cuarto tijeral}}$$

Por lo tanto, se evidencia que, con los procesos actuales, la capacidad de producción actual es mayor que el Takt time

$$\text{Takt Time} = 0.54 \text{ días/cuarto de tijeral}$$

$$\text{Capacidad de Producción Actual} = 0.64 \text{ días/cuarto de tijeral}$$

$$\text{Takt Time} < \text{Capacidad de Producción Actual}$$

Significa que con la capacidad actual de producción de cuartos de tijeral se demora más que el ritmo de la demanda (Takt Time), por lo tanto, se comprueba que el proyecto gestionado con esa capacidad no cumple con el requerimiento del cliente, sobrepasándose finalmente en 15 días.

### 5.3.5. Simulación del Escenario Actual

Para la simulación se emplea el ProModel Student, versión 10.2.

Fórmula para calcular el número de réplicas en un modelo de simulación

$$N = \left( \frac{t_{(n-1, 1-\alpha/2)} S(n)}{e} \right)^2$$

Primero se calculará el número de réplicas para un nivel de confianza del 90%

Tomar una muestra a priori de: 10 réplicas (n=10)

Variable de Decisión: Tiempo de Ciclo (promedio) en horas

Grados Libertad	0.1	0.05	0.01
	0.95	0.975	0.995
1	6.314	12.706	63.657
2	2.920	4.303	9.925
3	2.353	3.182	5.841
4	2.132	2.776	4.604
5	2.015	2.571	4.032
6	1.943	2.447	3.707
7	1.895	2.365	3.499
8	1.860	2.306	3.355
9	1.833	2.262	3.250
10	1.812	2.228	3.169
11	1.796	2.201	3.106
12	1.782	2.179	3.055
13	1.771	2.160	3.012
14	1.761	2.145	2.977
15	1.753	2.131	2.947
16	1.746	2.120	2.921
17	1.740	2.110	2.898

Figura N°56: Tabla de T-student.

Fuente: Elaboración propia

$$S(n) = 10.482$$

$$1 - \alpha = 0.9$$

$$\alpha = 0.1$$

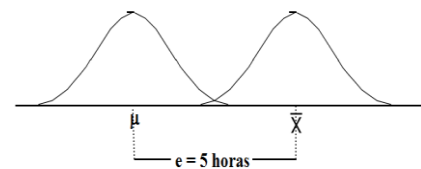
$$T(n-1, 1 - \alpha/2) \rightarrow T(10-1, 1 - 0.1/2)$$

$$\rightarrow T(9, 0.95) = 1.833 \text{ (Dato obtenido de la tabla T-Student)}$$

Se propone un error  $\rightarrow e = 5$  horas

Ahora se procederá a reemplazar los valores en la fórmula:

$$N = \left( \frac{1.833 \times 10.482}{5} \right)^2 \rightarrow N = 14.8 \approx 15$$



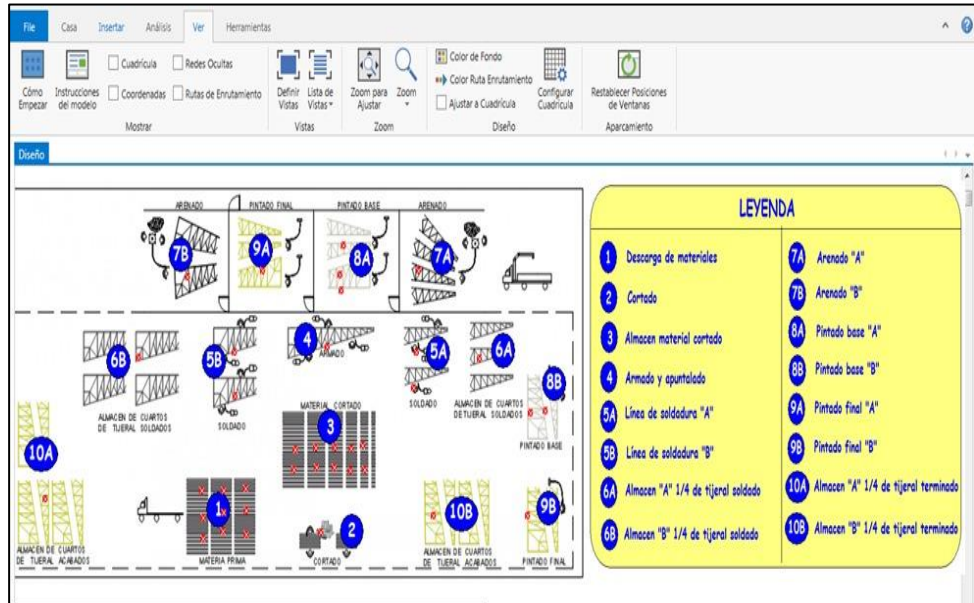


Figura N°57: Escenario actual de la producción de tijerales.  
Fuente: Promodel

En la figura N°57 se aprecia el proceso de producción de los cuartos de tijeral, en donde se muestra el desorden que existió. Con esta simulación de la situación actual se comprobó que el cuello de botella se encuentra en el proceso de soldado y que fue la causa de sobre pase de su tiempo de entrega.

### 5.3.6. Variable de análisis: Tiempo de ciclo de 1/4 de tijeral

Tiempo de ciclo: Representa el tiempo desde que se inicia la operación de habilitado hasta que finaliza en el almacén de cuartos de tijeral terminados.

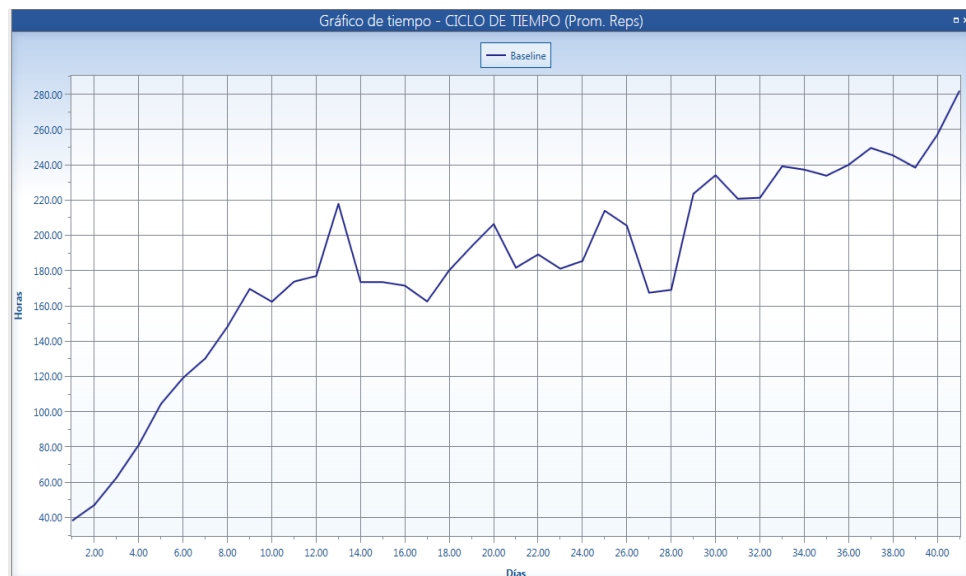


Figura N°58: Variación del tiempo de ciclo en simulación.  
Fuente: Promodel

En la figura N°58 se aprecia el comportamiento de la variación de los tiempos de ciclo para los cuartos de tijeral.

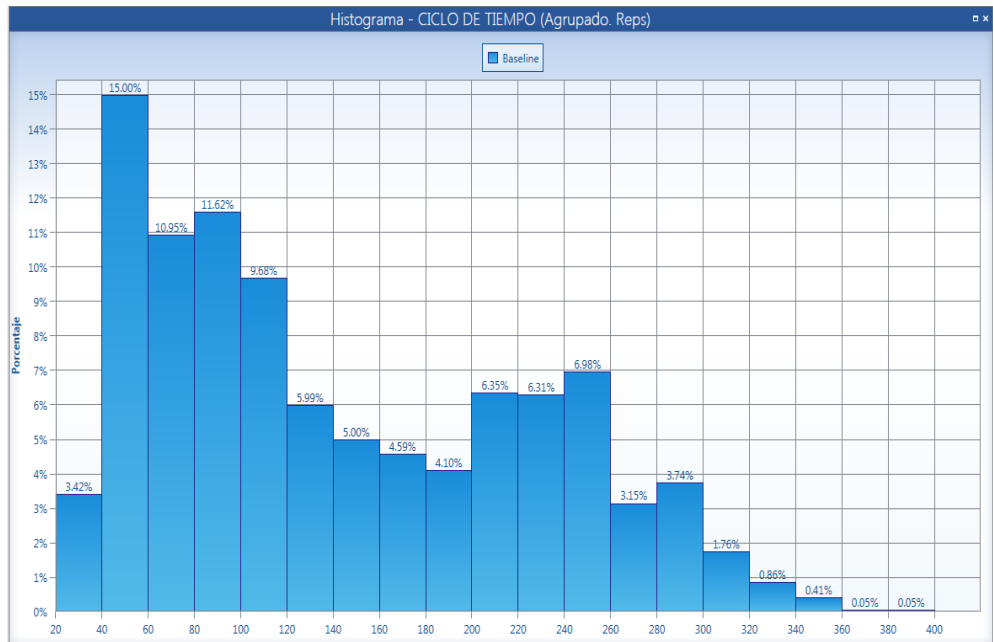


Figura N°59: Histograma del porcentaje de tiempos de ciclos en rango de tiempo.  
Fuente: Promodel

En la figura N°59 se aprecia el histograma que representa el porcentaje de tiempos comprendidos en determinados rangos de tiempo, es decir, representa la cantidad de tijerales porcentuales según los tiempos de producción, concluyendo que el 15% del total de cuartos de tijeral se produjeron entre 40 a 60 hrs, teniendo un porcentaje de cuartos de tijeral que sobrepasaron las 300 hrs impactando considerablemente en el tiempo de entrega del proyecto.

Nombre	Baseline
Duración Prom. del Calentamiento (Hr)	0
Duración Prom. de la Simulación (Hr)	839.6996

Figura N°60: Tiempo de duración de producción de tijerales, escenario actual  
Fuente: Promodel

En la figura N°60 se aprecia que el tiempo total de la simulación es de 839.69 hrs que representa a los 95 días que en realidad se demoró el proyecto.

Logs (Prom. Reps)					
Réplica	Nombre	Número Observaciones	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Avg	CICLO DE TIEMPO	148.00	36.52	316.65	143.10

Figura N°61: Tiempo Promedio de duración por cuarto de tijeral, escenario actual  
Fuente: Promodel

En la figura N°61 se aprecia la cantidad de horas promedios que demoro para la producción de cuartos de tijeral, se presenta que el cuarto de tijeral más rápido en producir fue de 36.52 horas y el máximo de 316.65 hrs teniendo un valor promedio de 143.10 hrs por cuarto de tijeral.

#### 5.4. MEJORAR

##### 5.4.1. Propuesta de Solución al Cuello de Botella

###### a) Identificando el cuello de botella

Como resultado de las observaciones de campo, análisis de tiempos, el desarrollo del diagrama de causa y efecto, así como del diagrama de Pareto, se pudo identificar el cuello de botella en la operación de soldado, la cual suelda un cuarto de tijeral cada 5.5 horas.

###### b) Explotando la restricción

Se analizó se puede elevar la restricción indica los investigadores encontraron que una alternativa de solución lo constituye un sistema de soldadura de alta frecuencia denomina MIG, la idea es reemplazar las 6 máquinas de soldado por máquinas de soldadura MIG similares a la indicada en la figura siguiente:





Eximport Distribuidores del Perú S.A.

Av. Argentina 1710-Lima

Telf. / 336-7904 / 3367272

### COTIZACION N° VI-JTS-020-384

Lima, 28 de octubre de 2020

Señores : **TESIS MEJORA DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS OPTIMIZANDO EL TIEMPO DE CICLO CON EL ENFOQUE LEAN MANUFACTURING**

Atención : Carlos Salhuana  
Dirección : CAL. LEOPOLDO CARRILLO NRO. 160 ICA - CHINCHA - CHINCHA ALTA  
Teléf./Fax : 949877033  
Email : [csalhuana@beta.com.pe](mailto:csalhuana@beta.com.pe)

De nuestra consideración. Es grato dirigirnos a Uds. A fin de hacerles llegar nuestra propuesta económica por lo siguiente.

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. Unit
01	Soldadora Eléctrica TELMIG 281/2	US \$ 1,150.00

Precios NO Incluido I.G.V 18%

Condiciones de Pago : CREDITO  
Tiempo de entrega : 6 A 7 Semanas Previa Orden de Compra.  
Lugar de entrega : **En nuestros almacenes Lima.**  
Validez de la oferta : 7 días

.....  
**Juan Tirado Serna**  
Asesor Técnico comercial  
Telef. 336-7904 Cel. 910068294



Figura N°62: Cotización de máquinas de soldar  
Fuente: Promodel

#### c) Consolidando la explotación de la restricción del sistema

Entonces para lograr reducir el tiempo de ciclo y consolidar la elevación de la restricción se requiere reformular el layout de planta aplicando los principios de lean manufacturing tales como: flujo en lotes de una sola pieza, acortar distancias de transporte, células de manufactura y menos existencias en proceso.

#### d) Estrategia de la propuesta de solución

La estrategia está compuesta de 6 equipos de soldar de alta frecuencia para duplicar la capacidad, además de contar con dos jornadas de trabajo para la operación de soldado de 2 turnos de 11 horas cada turno.

#### 5.4.2. Flujo de la Fabricación y Armado en forma Célula

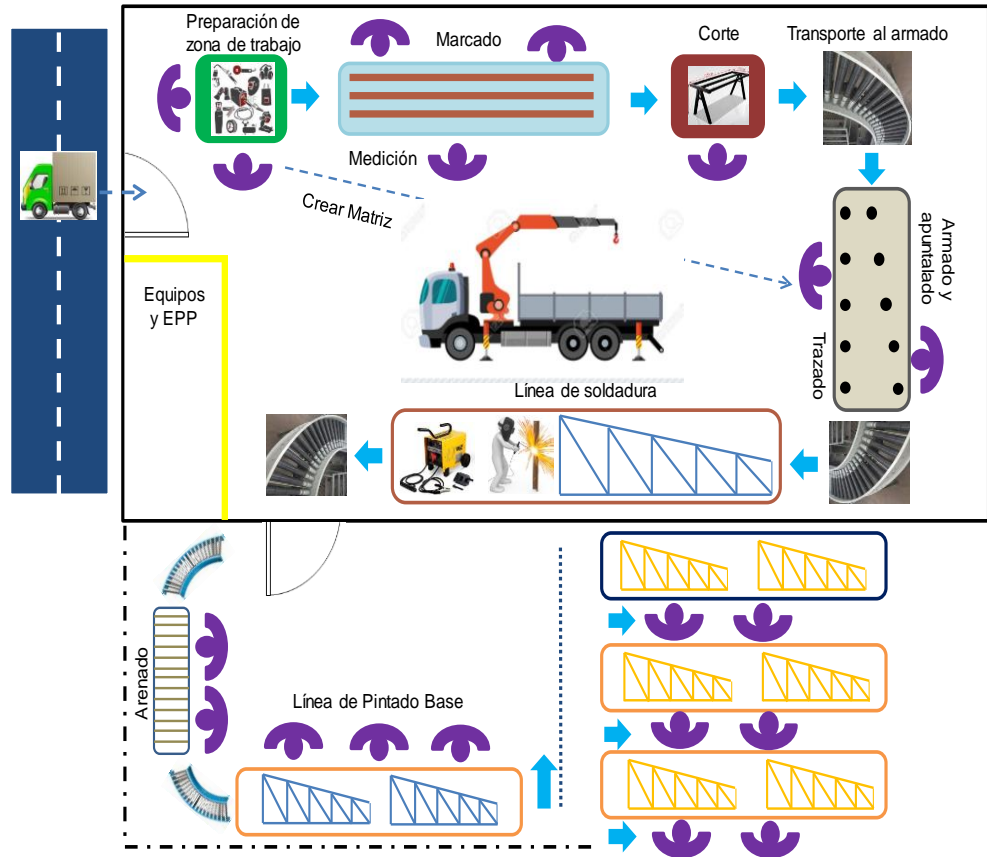


Figura N°63: Flujo de Fabricación y Armado en forma de célula  
Fuente: Elaboración Propia

Como resultado de la aplicación de los siguientes principios: flujo en lotes de una sola pieza, acortar distancias de transporte, células de manufactura y menos existencias en proceso para buscar la reducción del tiempo de ciclo, se propuso inicialmente el flujo arriba indicado como punto de partida del desarrollo de la solución, se intentó que existieran 2 células de trabajo: la de fabricación y la de acabado de tijerales, sin embargo, análisis posteriores nos mostró que solo se puede constituir la célula de fabricación y conservar los procesos de arenado, pintado base y pintado final como estaciones de trabajo separadas, no pudiéndose conformar una segunda célula de armado por la contaminación del aire tanto en el arenado como en las operaciones de pintado, el hecho de que dichas operaciones se hicieran a la intemperie, expuestas al viento hizo imposible manejar la contaminación del aire por la operación de pintado, las que a su vez pueden contaminar el color del pintado base y pintado final.

### 5.4.3. Diagrama Relacional de Actividad de la Solución Propuesta

Cómo no se puede juntar los procesos de arenado, pintado base y pintado final en una célula entonces se plantea utilizar el Diagrama Relacional de Actividades para desarrollar la propuesta de mejora de la producción de estructuras metálicas, dicha propuesta consta de un Value Stream Mapping y un Layout tomando en cuenta la cercanía de las áreas y procesos con el razonamiento necesario para las actividades, para ello se tiene en cuenta lo siguiente:

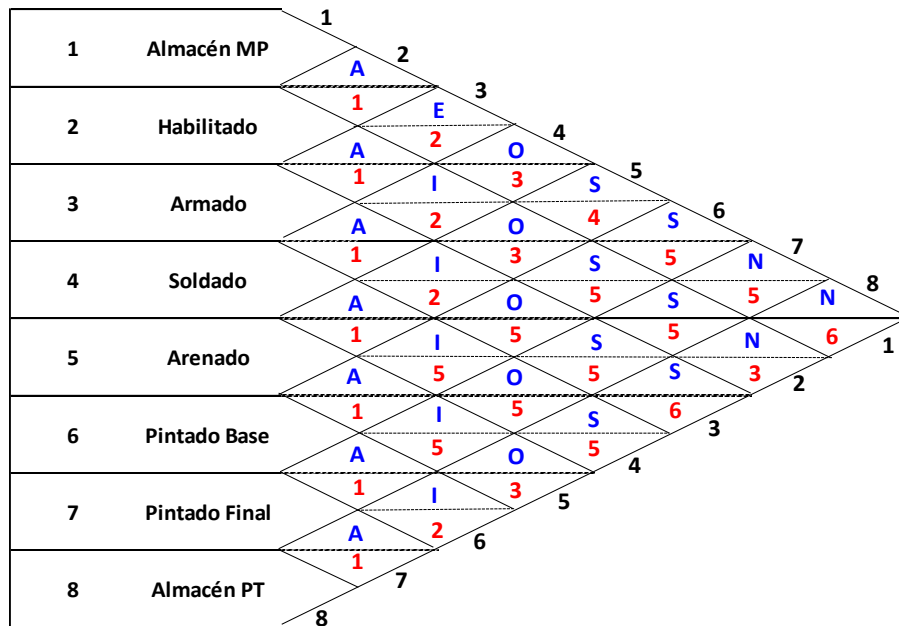
Tabla N°10: Código de Razones y Cercanía

Cod	Cercanía
A	Absolutamente Necesario
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Ordinariamente Importante
S	Sin Importancia
N	No Deseable

Cod	Razón
1	Flujo de Material
2	Facilidad de Control
3	Conveniencia
4	Polvo
5	Contaminación Color
6	Sin Importancia

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°11: Gráfico de Relación de actividades.



Fuente: Elaboración propia.

- Se presenta un cuadro resumen de la gráfica relacional de actividades.

Tabla N°12: Resumen de Gráfica relacional

		A	E	I	O	S	N
1	Almacén MP	2	3		4	5,6	7,8
2	Habilitado	3		4	5	6,7	8
3	Armado	4		5	6	7,8	
4	Soldado	5		6	7	8	
5	Arenado	6		7	8		
6	Pintado Base	7		8			
7	Pintado Final	8					
8	Almacén PT	7		6	5	4,3	2,1

Fuente: Elaboración propia

El diagrama relacional incorpora en su resultado el análisis de los requerimientos de espacio y del espacio disponible, los cuales, complementados con consideraciones finales y limitaciones prácticas, que para el caso de la presente investigación se trata de aprovechar la oportunidad de reducir es espacio mientras se crea las condiciones para generar flujo continuo de producción, han permitido el desarrollo de una mejor alternativa de distribución o layout de la planta. El diagrama relacional muestra que la configuración de operaciones representadas en el mismo minimiza el número de cruces sobre todo entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional.

#### 5.4.4. Layout de la Solución Propuesta

Tomando en cuenta el avance del análisis del flujo en célula y los resultados del diagrama relacional, se puede organizar los procesos en orden secuencial para la fabricación del cuarto de tijeral, posicionando cada proceso correspondiente en forma de “U”, se busca reducir los tiempos de desplazamientos o transportes, movimientos innecesarios y lograr reducir el tiempo de ciclo bajo un principio de producir por unidad (cuarto de tijeral), asimismo se propone a continuación una distribución en base a celular de trabajo para el proyecto Beta. Ver Figura N°64.

En el layout indicado en la figura N° 64, el cual está generado a escala, se comprueba que todo es espacio ocupado por la propuesta es de 8,500 m<sup>2</sup>, comprobándose que se reduce el espacio en casi 5,000 m<sup>2</sup>, porque el layout antes de la propuesta de cambio ocupa un espacio de 13,500 m<sup>2</sup>. Además, se puede apreciar que el flujo físico de cuartos de tijeral en proceso más balanceado o equilibrado.

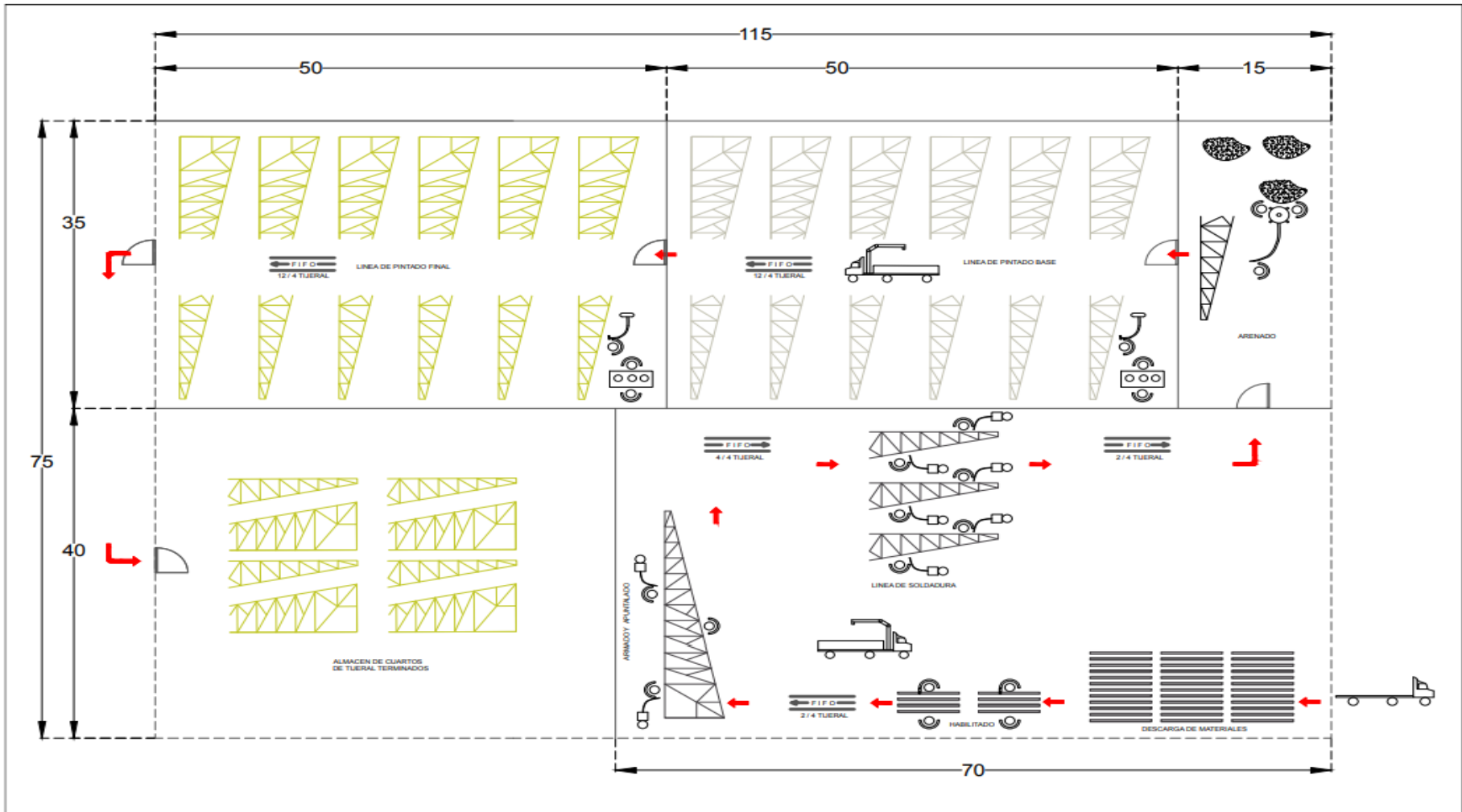


Figura N°64: Layout en Celulas del Proyecto Beta.  
Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.5. Diagrama de Hilos de la Solución Propuesta

Para mejorar o confirmar el método propuesto se hizo un Diagrama de hilos, el cual es un plano o modelo de la distribución de planta a escala, donde mostramos todas las actividades consignadas en el DAP, en que se sigue y mide con un hilo el trayecto de los trabajadores, de los materiales o del equipo durante una sucesión determinada de hechos, la ruta de los movimientos es indicada por medio de líneas.

Cabe indicar que en este diagrama podemos confirmar la generación de un flujo continuo sin retrocesos en:

- a) El movimiento de las personas que efectúan las operaciones.
- b) El movimiento a través de los maquinados y las transformaciones que sufre los perfiles de acero en cuartos de tijera.

A raíz del diagrama relación se construye el diagrama de hilos para identificar mediante hilos la importancia de la cercanía de los procesos, ver figura N°64.

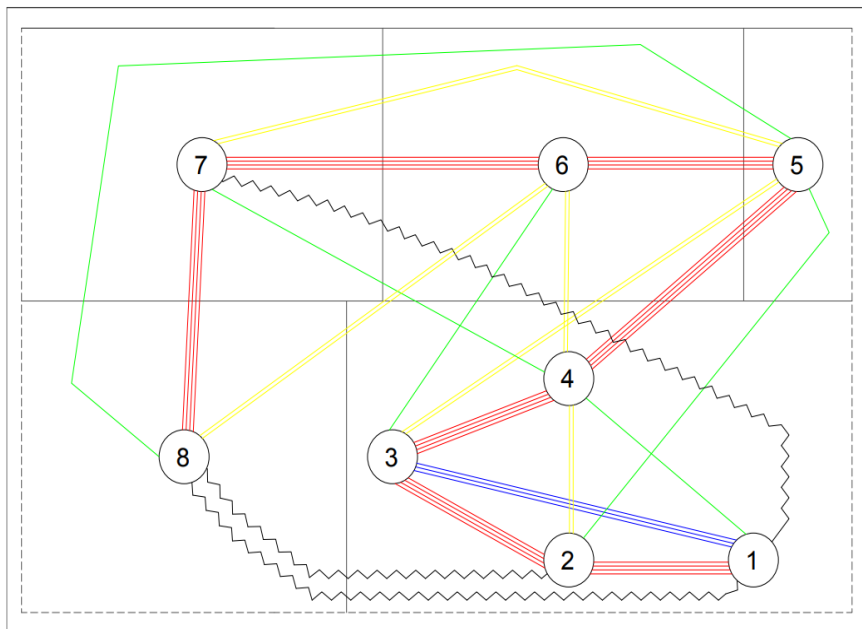


Figura N°65: Diagrama de hilos del proyecto Beta.  
Fuente: Elaboración propia.



Codigo	Cercanía	Valor en líneas
A	Absolutamente Necesario	
E	Especialmente Importante	
I	Importante	
O	Ordinariamente Importante	
S	Sin Importancia	
N	No Deseable	

Figura N°66: Codificación del diagrama de hilos del proyecto Beta.  
Fuente: Elaboración propia.



Simb.	Proceso	Simb.	Proceso
	Almacén MP		Arenado
	Habilitado		Pintado Base
	Armado		Pintado Final
	Soldado		Almacén PT

Figura N°67: Simbología de los procesos del diagrama de hilos del proyecto Beta.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.6. Planificación y Programación de la Ejecución de la Solución

Se hizo una planificación y programación de todas las operaciones en su conjunto, para analizar si el funcionamiento reduce el tiempo de ciclo del proyecto. Consistió en programar las operaciones, los transportes en paralelo y la estrategia pull, de tal manera que se aproveche al máximo el tiempo y se reduzcan los tiempos muertos. A continuación, se muestra el resultado de dicha programación, la cual indica que en 15 días se puede terminar el proyecto, la característica es que a partir del tercer día se tendría 12 cuartos de tijera cada día, como el resultado se muestra demasiado optimista se decidió realizar una simulación la cual analizamos en el siguiente acápite.

Tabla N°13: Planificación de la fabricación de cuartos de tijeral - Habilitado

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Habilitado	Preparar estación trabajo Setup	4													
	Preparación Material Paralelo	0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2	
	Habilitado-Corrida 1 (1/4 tijeral)	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5	
	transporte a armado 1	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2
	Habilitado-Corrida 2 (1/4 tijeral)	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5	
	transporte a armado 2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2
	Habilitado-Corrida 3 (1/4 tijeral)	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5	
	transporte a armado 3	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2
	Habilitado-Corrida 4 (1/4 tijeral)			1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5	
	transporte a armado 4			0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2
	Habilitado-Corrida 5 (1/4 tijeral)			1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5	
	transporte a armado 5			0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2
	Habilitado-Corrida 6 (1/4 tijeral)			1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5	
	transporte a armado 6			0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2	0.1	2
	Horas Trabajadas	8.5	6	9.3	12	9.3	12	9.3	12	9.3	12	9.3	12	9.3	12
Producción acumulada		6		18		30		42		54		66		78	
Saldo Inventario al final día		4		3		2		2		2		2		2	

Fuente: Elaboración Propia



Tabla N°14: Planificación de la fabricación de cuartos de tijeral - Armado

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Trazado Setup Time	3												
Nivelado Setup Time	1												
Espera - Tiempo ocioso	1.6												
Armado-Corrida 1	0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 2	0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 3			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 4			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 5			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 6			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 7			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 8			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 9			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 10			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 11			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Armado-Corrida 11			0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75
transporte paralelo			0.1	1	0.1	1							
Armado-Corrida 11													
transporte paralelo													
Horas Trabajadas	7.1	2	9.8	13	9.8	13	9.1	12	9.1	12	9.1	12	9.1
Producción Acumulada		2		15		28		40		52		64	
Saldo Inventario al final día		2		3		4		4		4		4	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°15: Planificación de la fabricación de cuartos de tijeral - Soldado

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
Soldado	Caballote	4	0.917															
	Soldado-Corrida 1		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75				
	transporte paralelo		0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100			
	Soldado-Corrida2		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75				
	transporte paralelo		0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100			
	Soldado-Corrida3		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75				
	transporte paralelo		0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100			
	Soldado-Corrida4		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75				
	transporte paralelo		0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100	3	0.100			
	Horas Trabajadas	4	0	11.10	12	11.10	12	11.10	12	11.10	12	11.10	12	11.10	12	11.10	12	5.5
Producción Acumulada		0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	148			
Saldo Inventario al final día			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°16: Planificación del acabado de cuartos de tijeral - Arenado

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
ARENADO	Caballote	4.95															
	Zarandeo- Paralelo	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5			
	Cargado de Tolva		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
	Arenado-Corrida 1		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 2		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 3		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 4		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Cargado de Tolva		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25			
	Arenado-Corrida 5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 6		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 7		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 8		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Cargado de Tolva		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25			
	Arenado-Corrida 9		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 10		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 11		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
	transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075		
	Arenado-Corrida 12		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
transporte paralelo		0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075	1	0.075			
Horas Trabajadas		6.825	12	6.825	12	6.825	12	6.825	12	6.825	12	6.825	12	6.825	12	2.25	4
Producción Acumulada			12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	148		
Saldo Inventario al final día			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°17: Planificación del acabado de cuartos de tijeral – Pintado Base

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Caballote	4													
Preparación Pintura		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pintado Base -Corrida 1		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 2		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 3		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 4		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 6		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 7		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 8		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 9		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 10		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 11		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
Pintado Base -Corrida 12		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
transporte paralelo		0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05
<b>Horas Trabajadas</b>		<b>6.55</b>	<b>12</b>	<b>6.55</b>	<b>12</b>	<b>6.55</b>	<b>12</b>	<b>6.55</b>	<b>12</b>	<b>6.55</b>	<b>12</b>	<b>6.55</b>	<b>12</b>	<b>6.55</b>
Producción Acumulada			12		24		36		48		60		72	
Saldo Inventario al final día				12		12		12		12		12		12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°18: Planificación del acabado de cuartos de tijeral – Pintado Final

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
PINTADO FINAL	Caballete - Preparación	4			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	Pintado Final -Corrida 1				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 2				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 3				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 4				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 5				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 6				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 7				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 8				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 9				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 10				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 11				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1
	Pintado Base -Corrida 12				0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
transporte paralelo				0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	0.05	1	
Horas Trabajadas				6.55	12	6.55	12	6.55	12	6.55	12	6.55	12	6.55	12	
Producción Acumulada				12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	
Saldo Inventario al final día				12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	
NÚMERO CUARTOS TIJERAL EN PROCESO	3															
NÚMERO CUARTOS TIJERAL TERMINADOS	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.7. Simulación de la Ejecución de la Solución Propuesta

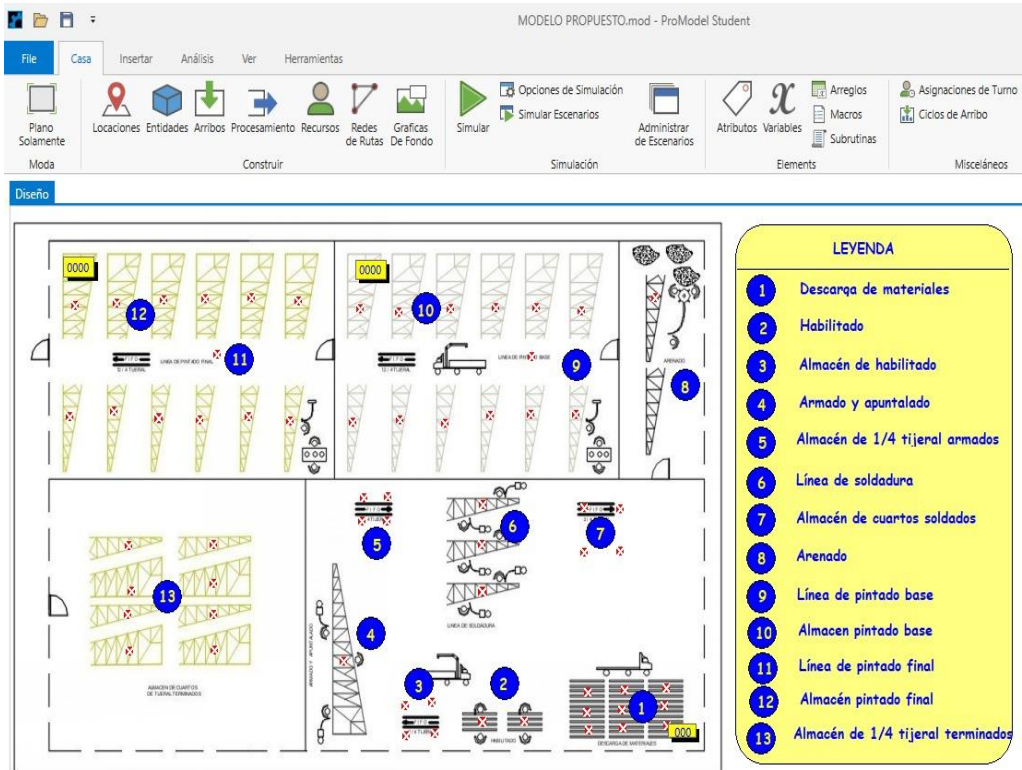


Figura N°68: Escenario propuesto de la producción de tijerales.  
Fuente: Promodel

En la figura N°68 se observa la propuesta para el proyecto, implementando el trabajo por célula en el proceso de fabricación y un trabajo por operaciones para el proceso de acabado, teniendo un orden y un único sentido de producción, el resultado de la simulación indica que el proyecto se puede realizar en unos 18 días de trabajo.

Variable de análisis: Tiempo de ciclo de ¼ de tijeral

Tiempo de ciclo: Representa el tiempo desde que se inicia la operación de habilitado hasta que finaliza en el almacén de cuartos de tijeral terminados, para cada cuarto de tijeral fabricado y acabado, estos se han obtenido a partir de la simulación de la solución en el programa PROMODEL.

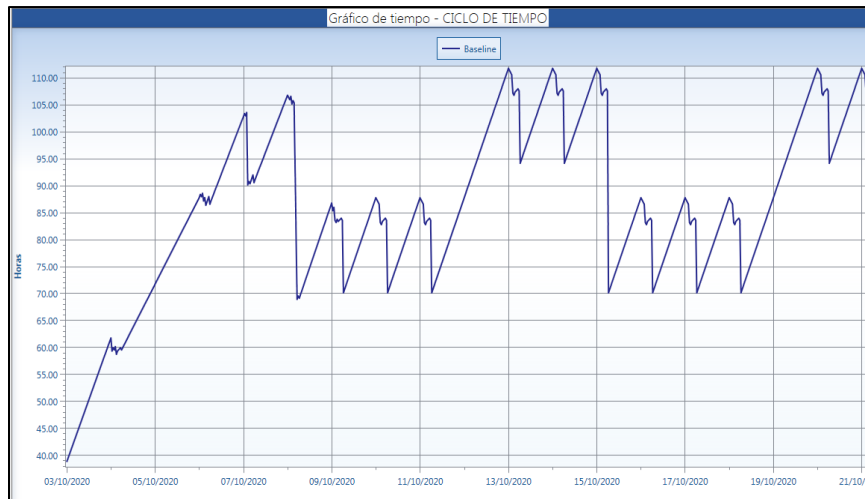


Figura N°69: Variación del tiempo de ciclo en simulación.  
Fuente: Promodel

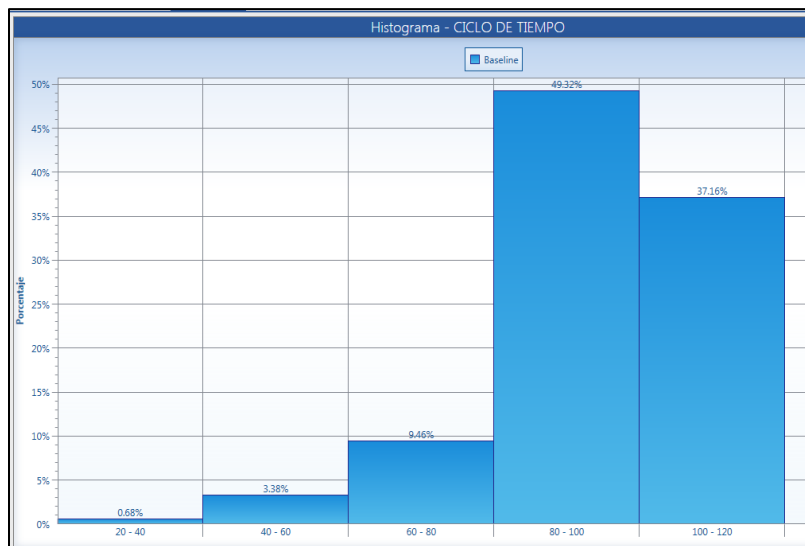


Figura N°70: Histograma de tiempos de ciclos en un determinado rango de tiempo.  
Fuente: Promodel

Nombre	Baseline
Duración Prom. del Calentamiento (Hr)	0
Duración Prom. de la Simulación (Hr)	477
Inicio Prom. del Calentamiento	01/10/2020 08:00:00 a.m.
Inicio Prom. de la Simulación	01/10/2020 08:00:00 a.m.
Finalización Prom. de la Simulación	21/10/2020 05:00:00 a.m.

Figura N°71: Duración del proyecto de producción de tijerales, escenario propuesto  
Fuente: Promodel

Nombre	Número Observaciones	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
CICLO DE TIEMPO	148.00	38.80	111.80	91.39

Figura N°72: Tiempo Promedio de duración por cuarto de tijera, escenario actual  
Fuente: Promodel

#### 5.4.8. Comparativo del tiempo de ciclo de producción de cuartos de tijera



Figura N°73: Comparativo de escenarios  
Fuente: Promodel

Se puede observar que en el escenario actual hay gran cantidad de cuartos de tijerales que consumen tiempos prolongados llegando casi hasta las 400 hrs de producción, en comparación con la propuesta que los tiempos de producción llegan a las 120 hrs.

#### Escenario Actual

Nombre	Baseline
Duración Prom. del Calentamiento (Hr)	0
Duración Prom. de la Simulación (Hr)	839.6996

#### Escenario Propuesto

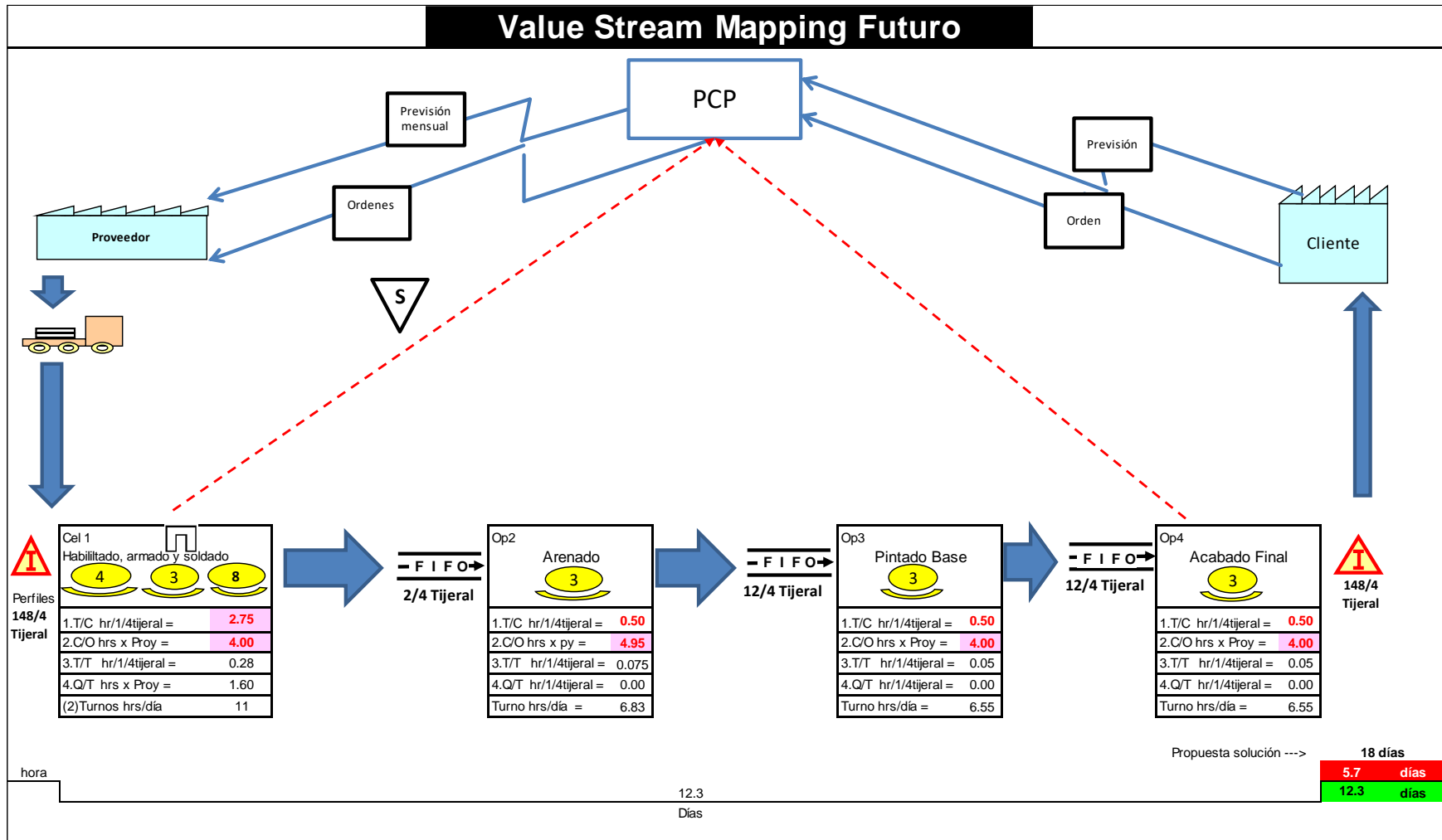
Nombre	Baseline
Duración Prom. del Calentamiento (Hr)	
Duración Prom. de la Simulación (Hr)	477
Inicio Prom. del Calentamiento	01/10/2020 08:00:00 a.m.
Inicio Prom. de la Simulación	01/10/2020 08:00:00 a.m.
Finalización Prom. de la Simulación	21/10/2020 05:00:00 a.m.

Figura N°74: Comparativo de escenarios  
Fuente: Promodel

Se puede Observar que hay una optimización en cuanto al tiempo de producción de los cuartos tijerales de los 95 días del escenario actual a 20 días del escenario propuesto, sin embargo, hay que descontar dos domingos que no se trabajó en la simulación, por lo tanto, el resultado final es de 18 días.

#### 5.4.9. Value Stream Map de la Solución (To be)





Para un sgte. VSM futuro habría que configurar una célula más formada por el Arenado, Pintado Base y Acabado final cuando la tecnología lo permita, lo que implica mejora continua, investigación y desarrollo futuro

**% de Tiempo que no agrega valor = 32%**

**% Tiempo que agrega valor = 68%**

Figura N°75: VSM Futuro del Proyecto Beta.

Fuente: Elaboración propia

## Simbología del VSM:











Símbolo	Definición	Símbolo	Definición
	Transporte de materia prima		Movimiento Kanban
	Inicio del Proceso KanBan		Celula de trabajo
	Material Jalado		Operadores
	Inventario		Supermercado
	Produccion Kanban		Material empujado

Figura N°76: Simbología del VSM

Fuente: Elaboración Propia

De la figura N°76, se puede apreciar la célula conformada por las operaciones de Habilitado, Armado y Soldado. En la célula de trabajo se establece la estrategia pull a partir de la operación cuello de botella (el soldado), cuyo resultado coloca en el contexto de la herramienta FIJO, la que establece el flujo Pull para las siguientes 3 operaciones de Arenado, Pintado Base y Pintado Final. Conforme se consolide su implementación la estrategia aplicada le dará forma a un sistema pull.

El proceso empieza con el habilitado de material y pasando al armado, una vez armado y apuntalado un cuarto de tijeral, es transportado al área de soldado en donde se suelda por completo todas las uniones, este proceso toma alrededor de 5.5 horas por cuartos de tijeral.

Cuando llega al proceso de arenar, se procede a arenar para poder dejar la superficie ideal del metal para que pueda adherir bien la pintura, este proceso toma un aproximado de 0.5 horas por cuarto de tijeral.

Al tener lista la superficie se procede a aplicar la primera capa de pintura, el cual toma alrededor de 0.5 horas por cuarto de tijeral.

Luego se deja reposar un aproximado de 24 horas para que pueda secar bien la pintura, una vez secado, se procede a aplicar la pintura final, este proceso demora en promedio 0.5 horas por cuarto de tijeral.

Teniendo en cuenta que la jornada laboral es de 8.5 horas/día. A continuación, en la tabla N°19 se detallan todos los tiempos de ciclo (VA) de producción de cuartos de tijerales de estructuras metálicas, tanto para su fabricación como para su acabado.

Tabla N°19: Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral de los procesos.

Proceso	Tiempo de ciclo (T/C)
Habilitado	2.75 hrs
Armado	
Soldado	
Arenado	0.5 hrs
Pintado Base	0.5 hrs
Pintado Final	0.5 hrs
Tiempo de ciclo VA	4.25 hrs

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla N°19 se detallan los tiempos que generan valor (V), es decir, tiempo de preparación, tiempo de transporte y tiempo de cola de producción de cuartos de tijerales de estructuras metálicas, tanto para su fabricación como para su acabado.

Los tiempos que agregan valor son los tiempos de maquinado o procesado que cada área o proceso, y a su vez multiplicados por la cantidad de cuartos que hay que producir, por ejemplo, en el caso de la Operación Armado:

$$\text{Tiempo que Agrega Valor} = \frac{\text{Tiempo Estándar en Hrs} \times \text{Nro Piezas a Producir}}{\text{Número de horas} \times \text{jornada diaria}}$$

Operación Armado:

$$\text{Tiempo que Agrega Valor} = \frac{0.75 \text{ horas} \times 148 \text{ Tijerales}}{8.5 \text{ horas/día}} = 13.1 \text{ días.}$$

Los tiempos que no agregan valor son los tiempos unitarios de: Tiempo de espera, y el tiempo de transporte a la siguiente estación de trabajo, multiplicados por la cantidad de piezas a fabricar. En el caso del tiempo de preparación de máquina o de Set Up se considera tantas veces como corresponda, en algunos casos es una sola preparación para todo el proyecto como es en el Habilitado y Armado, y en otras áreas puede ser todos los días al empezar el día o algunas veces cada día, por ejemplo, la operación Arenado que tiene tiempo de preparación inicial y diario.

Para el caso de la Operación Armado:

a) El tiempo espera total  $Q/T = \frac{0.01 \text{ horas} \times 148 \text{ c.tijerales}}{8.5 \text{ horas/día}} = 1.6 \text{ días}$

b) El tiempo de transporte Total  $T/T = \frac{0.05 \text{ horas} \times 148 \text{ c.tijerales}}{8.5 \text{ horas/día}} = 0.87 \text{ días}$

c) El tiempo de preparación C/O = 1.4 días total para todo el proyecto

Además, a la capacidad de producción:

✓ Capacidad de Producción Propuesto

$$\text{Capacidad de Producción Propuesto} = \frac{148 \text{ cuartos de tijeral}}{18 \text{ días}}$$

$$\text{Capacidad de Producción Propuesto} = 8.22 \text{ cuartos de tijeral/día}$$

Para poder compararlo con el takt time lo vamos expresar en unidades de tiempo por cada cuarto de tijeral calculando la inversa de la capacidad de producción

$$\text{Capacidad expresada en tiempo x unidad} = \frac{1}{8.22} = \frac{0.12 \text{ días}}{\text{cuarto tijeral}}$$

Por lo tanto, se evidencia que, con los procesos actuales, la capacidad de producción actual es mayor que el Takt time

$$\text{Takt Time} = 0.54 \text{ días/cuarto de tijeral}$$

$$\text{Capacidad de Producción Propuesta} = 0.12 \text{ días/cuarto de tijeral}$$

$$\text{Capacidad de Prod. Prop.} < \text{Takt Time} < \text{Capacidad de Prod. Actual}$$

Significa que con la capacidad propuesta de producción de cuartos de tijeral se demora menos que el ritmo de la demanda (Takt Time), por lo tanto, se comprueba que la propuesta cumple con el requerimiento del cliente.

#### 5.4.10. Capacidad de Producción Real vs Capacidad de Producción Propuesta

A continuación, se muestra la variación de la capacidad de producción real vs capacidad de producción propuesta

Tabla N°20: Variación Capacidad de Producción.

Capacidad de Producción Actual	Capacidad de Producción Propuesto
1.55 cuartos de tijeral/día	8.22 cuartos de tijeral/día

Fuente: Elaboración propia

Esto es el resultado de la aplicación de:

1. Una organización empresarial que tenga un enfoque soporte a las actividades de producción y acabado (las que agregan valor), la organización no tiene que ser sinónimo de burocracia sino, de facilitar que las operaciones de producción y acabado se realicen de la mejor manera (soporte logístico y soporte de manejo de personal, planificación, programación y control de actividades).
2. Análisis de la capacidad de fabricación y acabado de cuartos de tijeral, con el fin de verificar si se va a cumplir con los tiempos comprometidos, sino como es el caso de la presente investigación, tomar las decisiones que permitan reducir las restricciones de la operación cuello de botella, como es el caso de la operación de soldado que se ha considerado reemplazar el sistema de soldadura actual por una de alta frecuencia (MIG). Además, de tomar en cuenta si el sistema productivo en estudio se va a realizar a la intemperie, donde la probabilidad de ocurrencia de contingencias aumenta, lo que implica una planificación de actividades para que se ejecuten a una máxima capacidad, en el caso de la presente investigación además del nuevo de sistema de soldado se ha considerado el trabajo de personal de un turno y medio, sobre todo para la operación de cuello de botella.

3. Un layout planificado e instalado antes del inicio del proyecto que: optimice el espacio, facilite el flujo, disminuya el material en proceso y acompañado de un sistema pull que dinamice el flujo físico del proceso de producción y acabado.
4. Una programación y control detallada del trabajo realizada antes de la ejecución del proyecto, y una simulación previa de la misma para confirmar

#### 5.4.11. Resumen de Resultados

La estrategia aplicada nos permitió confirmar que es posible partir de una situación inicial, caracterizada por una operación cuello de botella como la de soldado de 5.5 horas por cuarto tijeral, que al multiplicarlo por 148 cuartos y dividirlo entre la jornada de trabajo de 8.5 horas, resulta en 95.8 días de trabajo, tal y como está registrado.

Y llegar a una segunda situación propuesta con la aplicación de la solución, que incluye la adquisición de 6 equipos de soldadura MIG con la cual se duplica la capacidad de la operación de soldado a 2.75 horas por cuarto de tijeral, que al multiplicarlo por 148 cuartos de tijeral y dividirlo entre 22 horas (2 turnos de 11 cada uno), resulta en 18.5 días de trabajo, solución que se confirmó con la simulación en el software Promodel.

### 5.5. CONTROLAR

#### 5.5.1. Desarrollo de las Hipótesis Estadísticas

Según Tucman elaboró una matriz en el año 1978, para la seleccionar el estadígrafo para contrastar hipótesis. Para iniciar una etapa de interpretación estadística de la selección del estadígrafo para contrastar hipótesis, aunque era partidario que se elijan más de uno para estar conformes o asegurar que el estadígrafo elegido es el correcto, Raúl A. Pino (2007), Guías metodológicas para elaborar planes y tesis de pregrado, maestría y doctoral. Editorial San Marcos, Lima, Perú (pag. 788).

En dicha obra Raúl A. Pino Gotuzzo muestra que para variables de intervalo (cuantitativas) la prueba estadística es la de correlación, tomando en cuenta que para establecer causalidad se requiere que antes se haya demostrado correlación,

pero además la causa debe ocurrir antes que el efecto, asimismo cambios en la causa deben provocar cambios en el efecto.

		VARIABLE INDEPENDIENTE (VI)							
		INTERVALO F <sub>1</sub>		ORDINAL F <sub>2</sub>		NOMINAL F <sub>3</sub>			
		INDICADORES							
		1	>1	1	>1	1	>1		
VARIABLE DEPENDIENTE (VD)	INTERVALO F <sub>1</sub>	0	Análisis factorial	Transformar la variable ordinal en nominal y usar C-1, o transformar la variable intervalo en ordinal y usar B-2 o transformar ambas variables en nominal y usar C-3.		Análisis de varianza	Análisis de varianza	FILA 1	
		1	Correlación						Correlación múltiple
		>1	Correlación múltiple						
	ORDINAL F <sub>2</sub>	0	Transformar la variable en nominal y usar C-1 o transformar la variable intervalo en ordinal y usar B-2 o transformar la variable intervalo a nominal y usar C-2		Coefficiente de concordancia (W)	Test del signo Mediana Kruskal walls	Análisis de varianza de 2 factores de Friedman	FILA 2	
		1			Correlación spearman, Tau, Kendal				
		>1							
	NOMINAL F <sub>3</sub>	0					Ji-cuadrado	FILA 3	
		1	Análisis de varianza (C-1)		Test del signo Mediana Kruskal walls		Coefficiente Phi fisher, X <sup>2</sup>		
		>1	Análisis de varianza (C-1)		Análisis de varianza de Friedman				
		<b>COLUMNA A</b>		<b>COLUMNA B</b>		<b>COLUMNA C</b>			

Figura N°77: Matriz de Tucman  
Fuente: Raúl A. Pino (2007)

### A. Hipótesis Estadísticas 1

En esta hipótesis se desea contrastar el vínculo existente entre la variable X1 = Capacidad de producción del proceso de fabricación de estructuras metálicas, medido por el indicador “Índice de capacidad de producción en la fabricación”, y la variable Y1 = Tiempo de ciclo de fabricación, medido por

el indicador “Cumplimiento con el tiempo de fabricación”, se visualiza la relación de los indicadores estimados a partir de la recolección de datos. Ver Tabla N°21.

Tabla N°21: Variable Independiente y Dependiente de la Hipótesis 1

Capacidad	Plazo
1	138 días
1.5	95 días
1.8	100 días
2	72 días
2.2	80 días
2.4	61 días
2.5	69 días
2.6	54 días
2.8	55 días
3	47 días

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos observados se realizará el método de regresión lineal para poder identificar la relación que existe entre variables a través del estadígrafo coeficiente de correlación de Pesaron, así determinar en qué medida la variable X1 explica el comportamiento de la variable Y1.

A continuación, se muestra la figura del diagrama de dispersión, así como la recta de tendencia entre los puntos graficados, como también la ecuación de regresión resultante de aplicar el modelo de regresión lineal. Ver Figura N°78

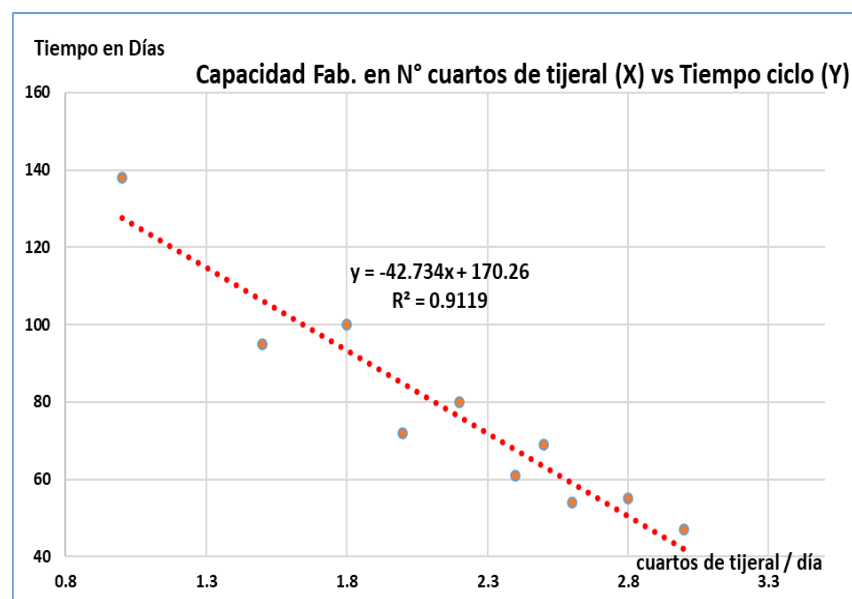


Figura N°78: Coeficiente de Determinación de Variables de la Hipótesis 1  
Fuente: Elaboración propia



## B. Hipótesis 2

En esta hipótesis se pretende contrastar la relación que existe entre la variable  $X_2$  = Capacidad de producción del proceso de Acabado de Estructuras Metálicas, medido por el indicador “Índice de la capacidad de producción en el acabado”, y la variable  $Y_2$  = Tiempo de ciclo de acabado, medido por el indicador “Cumplimiento con el tiempo de acabado”, se muestra la relación de los indicadores estimados a partir de la recolección de datos. Ver Tabla N°22.

Tabla N°22: Variable Independiente y Dependiente de la Hipótesis 2

Capacidad	Plazo
1	95 días
1.5	90 días
2	80 días
2.5	75 días
3	50 días
3.5	48 días
4	46 días
4.2	42 días
4.8	36 días
8	9 días

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los datos mostrados se aplicará el método de regresión lineal para determinar la relación entre variables a través del estadígrafo coeficiente de correlación de Pearson, para determinar en qué medida la variable  $X_2$  explica el comportamiento de la variable  $Y_2$ .

A continuación, se muestra la figura siguiente donde se muestra el diagrama de dispersión, así como la recta de tendencia entre los puntos graficados, así como la ecuación de regresión resultante de aplicar el modelo de regresión lineal. Ver Figura N°77

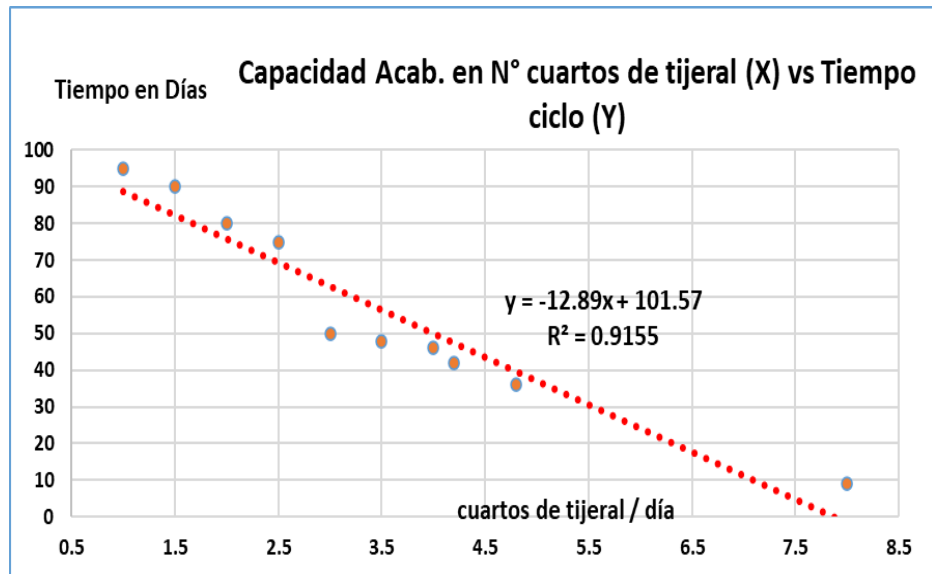


Figura N°79: Coeficiente de Determinación de Variables de la Hipótesis 2  
Fuente: Elaboración Propia

### 5.5.2. Prueba de Hipótesis

Para contrastar la prueba de hipótesis se utilizará, el coeficiente de determinación y con los resultados obtenidos se contrastará la hipótesis:

#### A. Hipótesis 1

Ho: Si se mejora la capacidad de producción en el proceso de fabricación, entonces no se optimizará el tiempo de ciclo de la fabricación de estructuras metálicas.

Ha: Si se mejora la capacidad de producción en el proceso de fabricación, entonces se optimizará el tiempo de ciclo de la fabricación de estructuras metálicas.

Regla de decisión:  $r^2 \geq 0.80$

Interpretación:

Se realiza el ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados, para la muestra obtenemos la ecuación y el valor para el coeficiente de determinación siguiente:

$$y = -42.734x + 170.26 \quad r^2 = 0.9119$$

Del resultado analítico podemos confirmar que el ajuste del modelo es bueno, puesto que el valor de  $r^2 = 0.9119$ , en concreto, el 91.19 % de la variabilidad de la variable Y a su promedio es explicado por el modelo de regresión ajustado.

Por lo tanto:

Se rechaza  $H_0$  porque si existe causalidad entre las variables debido a que la magnitud de  $r^2 \geq 0.80$ , en consecuencia, se acepta  $H_a$ , entonces se puede concluir que el modelo lineal es adecuado para explicar la relación que existe entre estas variables.

## B. Hipótesis 2

$H_0$ : Si se mejora la capacidad de producción en el proceso de acabado, entonces no se optimizará el tiempo de ciclo del acabado de estructuras metálicas.

$H_a$ : Si se mejora la capacidad de producción en el proceso de acabado, entonces se optimizará el tiempo de ciclo del acabado de estructuras metálicas.

Regla de decisión:  $r^2 \geq 0.80$

Interpretación:

Realizando el ajuste lineal por el método de los mínimos cuadrados, para la muestra obtenemos la ecuación y el valor para el coeficiente de determinación siguiente:

$$Y = -12.89x + 101.57 \quad r^2 = 0.9155$$

Del resultado analítico podemos confirmar que el ajuste del modelo es bueno, ya que el valor de  $r^2 = 0.9155$ , en concreto, el 91.55 % de la variabilidad de la variable Y a su promedio es explicado por el modelo de regresión ajustado.

Por lo tanto:

Se rechaza  $H_0$  porque si existe causalidad entre las variables debido a que la magnitud de  $r^2 \geq 0.80$ , en consecuencia, se acepta  $H_a$ , entonces se puede

concluir que el modelo lineal es adecuado para explicar la relación que existe entre estas variables.

### 5.5.3. Plan de Implementación

#### A. Plan de planificación, ejecución y control para el proyecto de producción de tijerales

A continuación, se muestra una tabla de actividades y posterior a la misma una explicación de las actividades propuestas para la implementación de la solución que se desarrolló para la presente investigación.

Son 8 actividades que se proponen, y que empieza desde la planificación de la operación (fabricación y acabado de tijerales), luego la planificación de la instalación de la planta, tomando en cuenta que este tipo de proyectos se hace en el lugar donde se van a izar los tijerales o lugares cercanos a este, es decir no se hace en una planta con instalaciones fijas.

Como tercera actividad se ha planteado la estructuración de costos de la obra, la cotización correspondiente, la firma del contrato, la ejecución de la implementación de la planta y la ejecución y control de la obra, todas estas actividades propuestas deberían ejecutarse en forma integral, soportado por una organización que tenga mínimamente responsables definidos para los roles de gestión del personal, gestión logística de los materiales, planificación y control de la obra. Tomando en cuenta, que una estructura organizacional para este tipo de proyectos debería sustentarse en el valor que pueden agregar para que las operaciones de fabricación, acabado e izaje de tijerales permita que se ejecuten de la manera más eficiente y productiva posible.

Tabla N°23: Planificación para la ejecución y control de producción de tijerales

I	Planificar la Operación (actividades, recursos, tiempos y costos)
	1.- Datos o parámetros de configuración de la obra: Diseño y tamaño de tijerales y plazo de la obra
	2.- Definición Takt time y la capacidad de producción de fabricación y acabado
	3.- Listan los equipos, herramientas, materiales y personal necesario para la Obra
	4.- Ajustar el layout de planta sobre la base de la solución propuesta
	5.- Planeamiento de Requerimientos de Materiales para hacer los tijerales
	6.- Programación del trabajo diario hasta la culminación de la obra (sincronización y producción diaria)
	7.- Procedimientos de control diario
II	Planificar Instalación de la Planta (actividades, recursos, materiales, tiempos y costos)
	1.- Implementación de Oficina Abastecimiento, Control y Comedores
	2.- Implementación de Almacenes de Materiales, Equipos y Herramientas
	3.- Implementación de la Planta
	4.- Administración de Recursos Humanos (pasajes, hospedajes, comidas, sctr, EPPs, material oficina)
	5.- Administración de Recursos Materiales (Equipos, Maquinarias, Herramientas y Materiales)
III	Estructura de costos de la implementación y la operación; Valorización de la Obra - Cotización
IV	Presentación de la Cotización
V	Firma del Contrato
VI	Ejecución de la Implementación de la Planta
	1.- Verificar in situ área de trabajo, instalaciones eléctricas y sanitarias
	2.- Comprar y movilizar equipos y herramientas de planta; Movilizar personal
	3.- Organizar los almacenes de Materiales, Equipos y Herramientas
	4.- Organizar al personal para la instalación de la planta (asignación roles)
	5.- Delimitar las áreas en el sitio e instalar: limpieza, columnas, lonas, caballetes
	tolvas, arenadores, máquinas de soldar, anclaje de matriz para armado
	6.- Recepción y ubicación de camiones grúas
VII	Ejecución y Control de la Obra
	1.- Seguimiento, verificación del avance y reportes de control diarios (acciones frente a desviaciones)
	2.- Pago al personal según avances semanales
	3.- Verificación de la logística de hospedaje, alimentación, servicios a los trabajadores
	4.- Verificación de la logística de materiales para el avance de obra

Fuente: Elaboración propia

I. Planificar la Operación (actividades, recursos, tiempos y costos)

En esta primera etapa de ejecución y control se trata de conocer el proyecto en licitación, por lo cual se tiene que estudiar los requerimientos del cliente y así poder elaborar una adecuada planificación del proyecto en mención.

1.- Datos o parámetros de configuración de la obra: Diseño y tamaño de tijerales y plazo de la obra:

De acuerdo al requerimiento e información del cliente, se determinará el dimensionamiento y cantidad de tijerales que se necesitaran para el proyecto, luego se planteará un diseño con dimensiones a escala de acuerdo a los parámetros obtenidos del cliente, para así poder determinar el plazo de entrega del proyecto.

2.- Definición Takt time y la capacidad de producción de fabricación y acabado.

De acuerdo al requerimiento e información del cliente, se podrá determinar el takt time y la capacidad de producción de la fabricación y acabado de los tijerales.

3.- Listan los equipos, herramientas, materiales y personal necesario para la Obra

Obteniendo las capacidades se genera una lista de todos los equipos, herramientas, materiales y personal necesario en cada proceso de la producción de tijerales.

4.- Ajustar el layout de planta sobre la base de la solución propuesta.

Se utilizará el diseño de planta propuesta y adecuarlo in situ al lugar donde se realizarán los trabajos para un ajuste de lo diseñado y así poder implementarlo.

5.- Planeamiento de Requerimientos de Materiales para hacer los tijerales

Se establecerá los volúmenes de recursos materiales de acuerdo a cada requerimiento por proceso específico y así asegurar el aprovisionamiento justo a tiempo.

6.- Programación del trabajo diario hasta la culminación de la obra (sincronización y producción diaria)

Se desarrolló un plan de ejecución de trabajos diarios de acuerdo al estimado a la propuesta de duración de proyecto.

7.- Procedimientos de control diario

Se elaborará las actividades para el seguimiento periódico del proyecto.

## II. Planificar Instalación de la Planta (actividades, recursos, materiales, tiempos y costos).

En esta segunda etapa, se planifica las actividades y recursos para la instalación de la planta diseñada.

### 1.- Implementación de Oficina Abastecimiento, Control y Comedores.

Se implementará espacios específicos para la instalación de oficinas administrativas y comedores para la fuerza laboral del proyecto.

### 2.- Implementación de Almacenes de Materiales, Equipos y Herramientas

Se implementará almacenes para la custodia de materiales, equipos y herramientas, en donde se resguarde su integridad.

### 3.- Implementación de la Planta

Se zonifica los espacios a utilizar para cada proceso.

### 4.- Administración de Recursos Humanos (pasajes, hospedajes, comidas, sctr, EPPs, material oficina)

De acuerdo a la zona de trabajo se administra los pasajes, hospedajes, comidas, contratación de seguros, EPP's y material de oficina para todo el proyecto.

### 5.-Administración de Recursos Materiales (Equipos, Maquinarias, Herramientas y Materiales)

De acuerdo a la planificación se dispone los recursos materiales y equipos para la ejecución de los procesos en fabricación y acabado.

## III. Estructura de costos de la implementación y la operación; Valorización de la Obra – Cotización

De acuerdo a lo planificado anteriormente (recursos, materiales, equipos, maquinaria, actividades, otros), se procederá a realizar un presupuesto de todo lo programado en unidades monetarias.

## IV. Presentación de la Cotización

Del presupuesto antes elaborado se procede a realizar la presentación formal para el proyecto en licitación.

## V. Firma del Contrato

Se firma contrato en mutua conformidad con lo presentado anteriormente y por ambas partes.

## VI. Ejecución de la Implementación de la Planta

En esta etapa se ejecutará todo lo planificado anteriormente

### 1.- Verificar in situ área de trabajo, instalaciones eléctricas y sanitarias

Se procede a realizar visitas de inspección para tomar medidas y así comparar con lo propuesto en el layout diseñado.

### 2.- Comprar y movilizar equipos y herramientas de planta; Movilizar personal

Ejecutar la gestión logística de materiales, equipos y recurso humano.

### 3.- Organizar los almacenes de Materiales, Equipos y Herramientas

Gestionar la disposición de los almacenes según layout.

### 4.- Organizar al personal para la instalación de la planta (asignación roles)

Designar funciones y roles de acuerdo a la ubicación y proceso que le es asignado a cada personal según su perfil y experiencia.

### 5.- Delimitar las áreas en el sitio e instalar: limpieza, columnas, lonas, caballetes, tolvas, arenadores, máquinas de soldar, anclaje de matriz para armado

Se dimensionará las áreas en los lugares en físico según el layout propuesto.

### 6.- Recepción y ubicación de camiones grúas

Se indicará las zonas de trabajo, ruta y forma de manipular y trasladar cada unidad de producción hacia su proceso predecesor.

## VII. Ejecución y Control de la Obra

### 1.- Seguimiento, verificación del avance y reportes de control diarios (acciones frente a desviaciones)

En cada día de trabajo se tendrá que hacer un seguimiento al avance de la producción para que a través de los reportes verificar que se esté cumpliendo con lo planificado.

### 2.- Pago al personal según avances semanales



Al verificar que los avances semanales se están cumpliendo, se procederá a pagarles su semana trabajada al personal.

3.- Verificación de la logística de hospedaje, alimentación, servicios a los trabajadores

#### 5.5.4. Análisis Económico

Flujo económico de la Solución Propuesta

Tabla N°24: Flujo económico de la solución propuesta

<b>FLUJO ECONÓMICO MARGINAL DE LA SOLUCIÓN PROBADA</b>		
<b>CONCEPTO \ PERIODO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>A. Beneficios</b>		<b>S/ 473,920</b>
Ahorro costo Personal x menos tiempo de trabajo		304,200
Ahorro costo Alquiler Maquinas y Alimentos x menos tiempo de trabajo		157,980
Ahorro costo Pasajes, Estadías y Seguros		11,740
<b>B. Inversión</b>	<b>S/ 133,654</b>	
<b>Maquinarias y Equipamiento</b>	<b>62,654</b>	
Máquina de Soldadura Alta Frecuencia	32,654	
Tolva e instalación	30,000	
<b>Muebles y Enseres</b>	<b>45,000</b>	
Caballetes (2)	15,000	
Lona (500 mts)	20,000	
Listones de Madera para cercar áreas	10,000	
<b>Desarrollos y Capacitación</b>	<b>26,000</b>	
Capacitación en uso de Máquina Soldadura Alta Frecuencia	3,000	
Planificación de la ejecución	20,000	
Simulación	3,000	
<b>C. Costos de Operación</b>		<b>S/ 277,765</b>
<b>Control y seguimiento diario</b>		<b>75,000</b>
<b>Gastos Administrativos (atención al personal)</b>		<b>52,500</b>
Transporte		60,000
EPPs		24,000
Iluminación y Grupo Electrónico		60,000
<b>E. Depreciación</b>		<b>6,265</b>
<b>F. Flujo de Caja Económico</b>	<b>S/ 133,654</b>	<b>S/ 189,889</b>
<b>G. Tasa de Descuento</b>	<b>25%</b>	
<b>H. VAN del Proyecto</b>	<b>S/ 14,606</b>	
<b>I. Tasa Interna de Retorno</b>	<b>42%</b>	
<b>J. ROI</b>	<b>11%</b>	

Fuente: elaboración propia

### 5.5.5. Tabla Resumen de Resultados

Tabla N°25: Cuadro de resumen de resultados

HIPÓTESIS	VARIACIÓN DEPENDIENTE	INDICADOR	SITUACIÓN PRE-TEST	SITUACIÓN POST-TEST	VARIACIÓN	% VARIACIÓN
HG: Si se optimiza el tiempo de ciclo de producción, entonces se mejorará la capacidad de producción para una empresa de estructuras metálicas	Tiempo de ciclo de la producción	Y =Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral	95	18	77	81%
H1: Si se optimiza el tiempo de ciclo de fabricación, entonces se mejorará la capacidad de producción en el proceso de fabricación de estructuras metálicas	Tiempo de ciclo de la fabricación	Y1 =Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral	61	14	47	77%
H2: Si se optimiza el tiempo de ciclo de acabado, entonces se mejorará la capacidad de producción en el proceso de acabado de estructuras metálicas	Tiempo de ciclo del acabado	Y2 =Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral acabado	34	15	19	56%

Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

1. Se definió en el proyecto la hipótesis de que es el incremento de la capacidad de producción, como resultado de la aplicación de las herramientas de lean manufacturing, la solución para reducir el tiempo de ciclo del proyecto de fabricación y acabado de tijerales objeto de estudio de la presente investigación, para lo cual se plantearon herramientas de recolección de datos y análisis correspondiente.
2. En ese sentido, como resultado de la aplicación de dichas herramientas de recolección y de análisis de los datos recogidos (como Takt time, Ishikawa, Pareto, Value Stream Map Actual, Distribución de Planta y simulación de la situación actual sobre el proyecto de fabricación y acabado de tijerales más representativo y los proyectos similares ejecutados anteriormente por la empresa), se comprobó que los proyectos se sobrepasaron en el tiempo de entrega debido a una restricción de la capacidad en el proceso de soldadura, la cual ha marcado el ritmo de producción y acabado de tijerales afectando a los tiempos de entrega del proyecto.
3. Además, se aplicó la prueba de hipótesis en base a una prueba de causalidad entre las variables “X” capacidad de producción y “Y” tiempo de ciclo de cada proceso encontrándose con un coeficiente  $R^2$  (coeficiente de determinación) de una regresión lineal entre ambos indicadores, resultando que dichos coeficientes para ambos procesos son superiores al 80%, demostrando estadísticamente la relación de causa y efecto entre ambas variables.
4. Aplicando a los dos problemas específicos planteados las herramientas de lean manufacturing y la modernización de los equipos de soldadura, se comprobó que es factible reducir el tiempo de entrega de la producción de tijerales de 85 días a 18 días, con un VAN de S/ 14,606 a un costo de oportunidad del 25%, esto debido a lo siguiente:
  - a. El resultado del análisis de la distribución de planta actual mostró que había un despilfarro de espacio por falta de planificación, porque el proceso se bifurcaba a partir de la soldadura, existiendo 2 áreas de soldaduras, 2 áreas de almacén de almacén temporal de cuartos de tijerales soldados, 2 áreas de arenado, 2

- áreas de pintado base, 2 áreas de pintado final y 2 áreas de almacenado de cuartos de tijerales terminados, ocupando la planta un área total de 13,500 m<sup>2</sup>.
- b. El impacto de la nueva de distribución de planta propuesto de 8,500 m<sup>2</sup> significó un ahorro de espacio aproximado de 5,000 metros cuadrados, porque en el diseño de la solución se desarrolló la nueva distribución de planta en base a los principios y herramientas de la Metodología Lean Manufacturing, buscando un flujo aproximado; al de células de trabajo, continuo de una pieza, con aplicación de una estrategia Pull (jalar) mediante la herramienta FIFO.
  - c. Como parte de la aplicación de la metodología lean manufacturing, la cual guía hacia un flujo equilibrado entre las operaciones y procesos de trabajo, es decir igualar los ritmos o tasas de producción de todas las operaciones, se incluyó en la solución la inversión de un sistema en base a máquinas de soldadura MIC de alta frecuencia, que duplicó el ritmo de producción de dicho proceso cuello de botella.
  - d. Se programó la carga de trabajo de la solución en cada proceso y el flujo del material entre cada proceso para asegurar que la aplicación de las herramientas de lean manufacturing en el funcionamiento de la solución resulten en máximo beneficio.
  - e. La ejecución de la programación de la solución se simuló en la herramienta informática de Promodel comprobando y ajustando el tiempo de ciclo resultante de 18 días.

## RECOMENDACIONES

1. Planificar y organizar cada proyecto de producción de tijerales, especialmente teniendo cuidado en identificar y gestionar sus procesos cuellos de botella para asegurar que sus capacidades de producción de dichos procesos siempre sean superiores a la tasa de demanda resultante de los requerimientos contractuales fijados por el cliente.
2. Organizar un equipo mínimo de 2 personas que permita gestionar el flujo logístico de materiales y de equipamiento hacia el lugar donde se producirán los tijerales, así como del flujo de reversa.
3. Organizar un equipo mínimo de 2 personas para manejar todas las necesidades del personal, para que sea responsable de movilizarlos al lugar de la obra, así como de velar por sus necesidades de hospedaje, alimentación, servicios como el lavado de ropa, transporte en el lugar de la obra, y también la generación de los trámites administrativos para sus pagos correspondientes y atención laboral como la dotación de EPPs, entre otros.
4. Organizar un equipo mínimo de 2 personas para planificar y controlar la carga de trabajo y ejecución de cada obra o proyecto de producción de tijerales.

Se recomienda lo siguiente:

- a. Estandarizar el sistema de trabajo propuesto para que sea siempre replicado en los proyectos de producción de tijerales, complementado con infraestructura prefabricada, armable y desmontable para que sea utilizado en todos los proyectos.
- b. Invertir en ampliar la cantidad de recursos cuellos de botella para asegurar que la capacidad de producción de todo el proceso de la fabricación y acabados de tijerales estén siempre por encima de la tasa de demanda exigidos por los clientes.
- c. Capacitar a su personal en los principios y herramientas de sistemas productivos basados en la metodología de lean manufacturing.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia: Person Educación.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*. Profit Editorial, Barcelona.
- Everett, A. y Ronald, E. (2000) *Administración de la Producción y las Operaciones*, Prentice Hall Hispano Americana.
- Goldsby, T., Martichenko, R. (2005) *Lean Six Sigma Logistics*, USA 2005.
- Hernández, S., Fernández, R, Collado, C. & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF, México: McGraw-Hill.
- Meyerson, P. (2012). *Lean Supply Chain: Logistics Management*. McGraw Hill. USA
- Nicholas, J. (2011) *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*. Usa.
- Render, H. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. Pearson - México.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela.
- Deming, W. (1989). *Calidad, productividad y competitividad a la salida de la crisis*. Madrid, España.
- Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid, España.

## HEMEROGRAFÍAS

- Gabriel, Y. (2016). *Diseño de un proceso de fabricación de estructura metálica en la empresa meta l mecánica Fixer servicios Generales S.A.C.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Morales, D. (2019). *Optimización del proceso de montaje de estructuras en una refinería.* Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Sascó, S. (2019). *Análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de Lean Manufacturing en la línea de acabados de la construcción en una empresa fabricante de productos plásticos.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Gavidia, A., Subía, A. (2015). *Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo.* Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Cordero, D. (2015). *Incorporación de conceptos de la metodología Lean en la fabricación y montaje de estructuras metálicas.* Tecnológico de Costa Rica.
- Ruiz, J. (2016). *Implementación de la Metodología Lean Manufacturing a una Cadena de Producción Agroalimentaria.* Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla, España.

## FUENTES ELECTRÓNICAS

- Diario El Comercio. (2018). <https://elcomercio.pe/economia/personal/86-peruanos-renunciaria-mal-clima-laboral-noticia-548835-noticia/>. Perú, Lima.
- Lledó P. (2018). *Los principios de Lean Thinking.* (2017). Recuperado de <http://pablolledo.com/content/articulos/05-10-26-Lean-Thinking-Lledo.pdf>

# ANEXOS

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN	MEJORA DE LA CAPACIDAD DE ATENCIÓN DE UNA EMPRESA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS OPTIMIZANDO EL TIEMPO DE CICLO CON EL ENFOQUE LEAN MANUFACTURING				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES GENERALES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿ Cómo optimizar el tiempo de atención de una empresa de estructuras metálicas?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Optimizar el tiempo de atención de una empresa de estructuras metálicas</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La mejora de la capacidad de atención, contribuye a la optimización del tiempo de ciclo.</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <p>X: Capacidad de la atención Estructuras Metálicas</p> <p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p>Y: Tiempo de ciclo de producción</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <p><math>X = \text{Cuartos de Tijeral producidos / día}</math></p> <p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p><math>Y = \text{Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral}</math></p>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada, porque propone una solución a un problema de capacidad existente en la empresa que brinda servicios de fabricación de estructuras metálicas para el sector de construcción.</p> <p><b>Nivel:</b> Causal explicativo, porque se analizará las causas y propuesta de solución al problema</p> <p><b>Tipos de Diseño:</b> Pre-Experimental, transversal porque la investigación abarca o comprende los datos del año 2018 y 2019 y se simulará la solución</p>
<p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO 1</b></p> <p>¿ Cómo optimizar el tiempo de atención del proceso de fabricación de una empresa de estructuras metálicas?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b></p> <p>Optimizar el tiempo de atención del proceso de fabricación de una empresa de estructuras metálicas</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1</b></p> <p>La mejora de la capacidad del proceso de fabricación de estructuras metálicas, optimiza el tiempo de ciclo de la fabricación</p>	<p><b>VARIABLES ESPECÍFICAS 1</b></p> <p>X1: Capacidad del proceso de Fabricación de Estructuras Metálicas</p> <p>Y1: Tiempo de ciclo de Fabricación</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <p><math>X1 = \text{Cuartos de Tijeral fabricados / día}</math></p> <p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p><math>Y1 = \text{Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral}</math></p>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo, porque se recopilará, procesará y analizará datos cuantitativos de las operaciones realizadas</p> <p><b>Población:</b> Los proyectos ejecutados durante año 2018 y 2019</p> <p><b>Muestra:</b> Los proyectos con dificultades en cumplir con el tiempo de ciclo prometido</p>
<p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO 2</b></p> <p>¿ Cómo optimizar el tiempo de atención del proceso de acabado de una empresa de estructuras metálicas?</p>	<p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b></p> <p>Optimizar el tiempo de atención del proceso de acabado de una empresa de estructuras metálicas</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2</b></p> <p>La mejora de la capacidad del proceso de acabado de estructuras metálicas, optimiza el tiempo de ciclo del acabado</p>	<p><b>VARIABLES ESPECÍFICAS 2</b></p> <p>X2: Capacidad del proceso de Acabado de Estructuras Metálicas</p> <p>Y2: Tiempo de ciclo de Acabado</p>	<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <p><math>X2 = \text{Cuartos de Tijeral acabados / día}</math></p> <p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p><math>Y2 = \text{Tiempo de ciclo por cuarto de tijeral acabado}</math></p>	<p><b>Técnica de recolección de datos:</b> Observaciones de campo de la realidad registrados en el sistema de información de la empresa objeto de estudio. Además de entrevistas a directivos y trabajadores.</p> <p><b>Técnica de procesamiento de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudios de tiempos de los procesos de fabricación y acabado</li> <li>- Elaboración de diagramas para los procesos de fabricación, acabado y montaje.</li> <li>- Diagrama de flujo</li> <li>- DAP</li> <li>- Células, flujo continuo</li> <li>- Value stream map</li> <li>- Diagrama causa efecto</li> <li>- Diagrama paretto</li> <li>- Simulación en promodel</li> <li>- Diagrama relacional de actividades</li> </ul>



## ANEXO 2: PRESUPUESTO DEL PROYECTO

<b>PRESUPUESTO</b>					
OBRA:	ESTRUCTURA DE TECHO Y COBERTURA (PLANTA NUEVA)	PRESUP. No.	76b		
PROP:	BETA				
UBIC:	Chincha	FECHA:			
At.:					
PART.	DESCRIPCION	UND.	CANT.	P/UNIT.	PARCIAL
<b>1.00</b>	<b>ESTRUCTURA DE TECHO 50.00 MT.</b>				
1.01	Planchas de Anclaje	und	62	550.00	34,100.00
1.02	Tijerales 50.00 mt.	und	31	33,500.00	1,038,500.00
1.03	Correa sinmple	und	540	390.00	210,600.00
1.04	Correa reforzado	und	300	990.00	297,000.00
1.05	Arriostre de Tijeral	gl	1	65,000.00	65,000.00
1.06	Arriostre de correas	gl	1	22,000.00	22,000.00
	<b>TOTAL PARCIAL</b>				<b>1,667,200.00</b>
<b>2.00</b>	<b>COBERTURA DE TECHO 50.00 MT.</b>				
2.01	Cobertura plancha Aluzin Pre-pintado TR-4 o Similar	m2	9,000	40.00	360,000.00
2.02	Cumbreras Aluzin Pre-pintado	ml	180	40.00	7,200.00
2.03	Canaletas Aluzin Pre-pintado	ml	360	60.00	21,600.00
2.04	Flashing Lateral Aluzin Pre-pintado	ml	360	40.00	14,400.00
2.05	Flashing Timpano Aluzin Pre-pintado	ml	104	40.00	4,160.00
2.06	Autoperforantes	gl	1	9,000.00	9,000.00
	<b>TOTAL PARCIAL</b>				<b>416,360.00</b>
	<b>TOTAL TECHO</b>				<b>2,083,560.00</b>
<b>3.00</b>	<b>ESTRUCTURA DE CIERRE TIMPANO Y LATERAL</b>				
3.01	Planchas de anclaje	und	660	60.00	39,600.00
3.02	Correas Timpanos	und	240	390.00	93,600.00
3.03	Correas Cierre Lateral	und	90	390.00	35,100.00
3.04	Arriostre Correas	gl	1	9,800.00	9,800.00
	<b>TOTAL PARCIAL</b>				<b>178,100.00</b>
<b>4.00</b>	<b>COBERTURA DE CIERRE TIMPANO Y LATERAL</b>				
4.01	Cierre lateral Aluzin Pre-pintado TR-4 o Similar	m2	2,628	40.00	105,120.00
4.02	Cierre Timpano Aluzin Pre-pintado TR-4 o Similar	m2	980	40.00	39,200.00
4.03	Zocalo Aluzin Pre-pintado	ml	460	28.00	12,880.00
4.04	Autoperforantes	gl	1	3,500.00	3,500.00
	<b>TOTAL PARCIAL</b>				<b>160,700.00</b>
	<b>TOTAL CIERRE</b>				<b>338,800.00</b>
	<b>TOTAL TECHO Y CIERRE</b>				<b>2,422,360.00</b>
	<b>IGV</b>	18	%		<b>436,024.80</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>2,858,384.80</b>
,- MATERIALES Indica en items ,- PINTURA Arenado comercial, base epoxico y acabado esmalte sintetico ,- INCLUYE Fabricacion, montaje, Mano de obra, herramientas y maquina ,- PLAZO DE ENTREG/ Dias (a tratar) ,- NO INCLUYE <b>IGV</b> ,- FORMA DE PAGO 60% adelanto, resto Valorizacion semanal (a tratar) ,- El cliente debera proporcionar la energia electrica en obra ,- Alguna consulta comunicarse al 9828-7346 nextel 828 * 7346 RPC 98720-4976					

## ANEXO 3: CARTA DE PRESENTACIÓN

### CARTA DE PRESENTACION

Sr. Mg. Cesar Rivera Lynch

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de juicio de experto.

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y, asimismo, hacer de su conocimiento que, conocedores de su trayectoria académica y profesional, molestamos su atención al elegirlo como JUEZ EXPERTO para revisar los dos instrumentos de medición que pretendemos utilizar en la investigación **“MEJORA DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS OPTIMIZANDO EL TIEMPO DE CICLO CON EL ENFOQUE LEAN MANUFACTURING.”**

Los instrumentos de medición a validar son:

- “Encuesta para levantamiento de información.”  
Objetivo: Registrar información relevante para conceptualizar y evaluar la casuística en la producción.

El expediente de validación que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación
- Matriz de consistencia
- Instrumento I – Encuesta para levantamiento de información.
- Ficha de validación de los instrumentos

Expresándoles nuestros más sinceros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Bach. CABRERA GUARDIA LUIS MIGUEL  
Bach. CIPRIANI BLANCO WILBER ENRIQUE

## ANEXO 4: VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Estimado Colaborador(a): Mg. Cesar Rivera Lynch

Tesis: “MEJORA DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS OPTIMIZANDO EL TIEMPO DE CICLO CON EL ENFOQUE LEAN MANUFACTURING.”

Estimado juez, una vez analizados los ítems pertenecientes a la encuesta de levantamiento de información aplicada a los trabajadores de producción, por favor califique con una escala de 1 a 5, señalando con una “X” la alternativa que usted considere correcta:

CRITERIOS DE VALORACIÓN:  
1.-Deficiente 2.-Bajo 3.-Regular 4.-Aceptable 5.-Muy aceptable

ITEMS	DIMENSION	CRITERIO DE VALORACION				
		1	2	3	4	5
A	Capacidad del producción				x	
B	Tiempo de ciclo					x
<b>TOTAL</b>						

**Puntajes**

- Hasta 2 : Encuesta inválida – Reformular
- De 3 a 4 : Encuesta inválida – Modificar
- De 5 a 8 : Encuesta válida – Mejorar
- De 9 a 10 : Encuesta válida – Aplicar


Opinión Final: Aplicar



Experto  
Mg. César Rivera Lynch

## ANEXO 5: ENCUESTA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

### Encuesta para Levantamiento de Información

Nombre: \_\_\_\_\_  
Cargo: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Marque la alternativa y comente en cada respuesta según corresponda

1. ¿Cómo es la recepción de materia prima de acuerdo al proceso que pertenece?

Fabricación:

- a) Se recibe todo en un solo envío
- b) Se recibe en dos partes
- c) Se recibe en más de dos partes, comente al respecto

---

---

---

Acabado:

- a) Se recibe todo en un solo envío
- b) Se recibe en dos partes
- c) Se recibe en más de dos partes, comente al respecto

---

---

---

2. Indique en que proceso trabaja y explique brevemente las operaciones o actividades desde el inicio a fin.

Fabricación:

---

---

---

---

Acabado:

---

---

---

---

3. ¿Cómo se procesan los lotes de producción?

Fabricación:

- a) Todo se hace como un solo lote
- b) Se hace por partes según avance
- c) Es muy variado, comente

---

---

Acabado:

- a) Todo se hace como un solo lote
- b) Se hace por partes según avance
- c) Es muy variado, comente

---

---

4. ¿Cuántas personas hay en el proceso en que labora y como están distribuidas?, comente

Fabricación:

---

---

Acabado:

---

---

5. ¿Qué problemas ha identificado usted durante el proceso que le corresponde?, explique ¿por qué?

Fabricación:

- a) Fallas por mano de obra
- b) Fallas por máquina
- c) Errores por mala planificación

---

---

Acabado:

- a) Fallas por mano de obra
- b) Fallas por máquina
- c) Errores por mala planificación

---

---

---

6. ¿Cuenta con las herramientas adecuadas y completas en el proceso?

Fabricación:

- a) Si
- b) No, comente y detalle

---

---

---

Acabado:

- a) Si
- b) No, comente y detalle

---

---

---