



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“INFLUENCIA DE LA DISPOSICIÓN DE PLANTA EN LA PRODUCTIVIDAD DE SPOOLS DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FIMA, 2016.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Miguel Alvarado Hinostroza
Edgar Macedo Geronimo

Asesor:

Dr. Ing. Juan Carlos Durand

Lima – Perú
2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los bachilleres Miguel Alvarado Hinostraza y Edgar Geronimo Macedo, denominada:

“INFLUENCIA DE LA DISPOSICIÓN DE PLANTA EN LA PRODUCTIVIDAD DE SPOOLS DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FIMA, 2016.”

Ing. Juan Carlos Durand Porras
ASESOR

Ing. Hans Clive Vidal Castañeda
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Juan Alejandro Ortega Saco
JURADO

Ing. Carlos Alberto Sicos Peñaloza
JURADO

DEDICATORIA

*A Dios, nuestros padres y a todas aquellas personas
que nos inspiraron para seguir adelante y cumplir
nuestras metas en nuestra vida.*

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento al gran Arquitecto del Universo... Dios, quien nos da fuerza y bienestar a todos llenándonos de optimismo, salud, bondad y misericordia a los más necesitados.

Agradecemos a nuestras familias quienes nos apoyaron en todo momento convirtiéndose en el cimiento de nuestro esfuerzo y lucha por salir adelante a través del desarrollo de esta investigación de Tesis.

Le debemos mucho a nuestros profesores de la universidad UPN quienes nos forjaron en las aulas cumpliendo con su misión apostólica de enseñar.

Debemos agradecer a nuestro gerente y jefe Luis M. Hernández, quien nos motivó para seguir con la idea de investigación compartiendo sus experiencias que obtuvo en los proyectos que desarrollo.

Agradecemos nuestro asesor el ingeniero Juan C. Durand por la paciencia y experiencia que mostro al asesorarnos en la elaboración de este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Justificación.....	5
1.4. Limitaciones	6
1.5. Objetivos	7
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Bases Teóricas	14
2.3. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	28
3.1. Formulación de la hipótesis	28
3.2. Operacionalización de variables	28
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	30
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	30
4.2. Material.	31
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i>	31
4.2.2. <i>Población</i>	31
4.2.3. <i>Muestra</i>	31
4.3. Métodos.	31
4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i>	31
4.3.2. <i>Procedimientos</i>	33
CAPÍTULO 5. DESARROLLO	34
5.1. <i>La Organización</i>	34

5.1.1.	<i>Filosofía</i>	35
5.1.2.	<i>Principales Interesados de la Organización</i>	36
5.1.3.	<i>Infraestructura</i>	38
5.1.4.	<i>Etapas Productivas de la Empresa</i>	39
5.1.5.	<i>Procesos de Producción del Área de Spool</i>	43
5.2.	<i>Identificación del Problema</i>	53
5.2.1.	<i>Diagrama de Causa y Efecto</i>	54
5.2.2.	<i>Priorización de Causas a Eliminar</i>	54
5.2.3.	<i>Disposición de Planta Actual</i>	58
5.2.4.	<i>DAP del Proceso de Fabricación de Spool</i>	61
5.2.5.	<i>Herramientas Lean - Causas del Problema</i>	63
5.2.6.	<i>Producción Actual</i>	65
5.2.7.	<i>Productividad Actual</i>	68
5.2.8.	<i>Análisis Financiero Actual</i>	70
CAPÍTULO 6.	RESULTADOS	74
6.1.	<i>Disposición de Planta proyecto</i>	75
6.1.1.	<i>Definición de Estaciones de Trabajo</i>	77
6.1.2.	<i>Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP)</i>	85
6.1.3.	<i>Layout de Planta</i>	90
6.1.4.	<i>Distancia Recorrida por el Producto</i>	91
6.1.5.	<i>DAP del Proceso de Fabricación</i>	94
6.1.6.	<i>Implementación de Herramientas Lean</i>	95
6.2.	<i>Producción Spool - Proyecto</i>	108
6.2.1.	<i>Calculo de Producción de Ensamble - Proyecto</i>	110
6.2.2.	<i>Calculo de Producción de Soldadura - Proyecto</i>	110
6.2.3.	<i>Calculo de Producción de QC - Proyecto</i>	111
6.3.	<i>Productividad Spool - Proyecto</i>	112
6.3.1.	<i>Cálculo de Productividad de Ensamble - Proyecto</i>	113
6.3.2.	<i>Cálculo de Productividad de Soldadura - Proyecto</i>	113
6.3.3.	<i>Cálculo de Productividad de QC - Proyecto</i>	114
6.4.	<i>Análisis Financiero del Proyecto</i>	115
6.4.1.	<i>Inversión del Proyecto</i>	115
6.4.2.	<i>Flujo de Caja del proyecto</i>	118
6.4.3.	<i>Diagrama de Flujo de Caja</i>	119
6.4.4.	<i>Evaluación Financiera - Proyecto</i>	120
6.5.	<i>Resumen Comparativo</i>	121
6.5.1.	<i>Disposición de Planta</i>	121
6.5.2.	<i>DAP de Proceso de Fabricación</i>	124
6.5.3.	<i>Implementación de Herramientas Lean</i>	125
6.5.4.	<i>Producción de Spool</i>	127
6.5.5.	<i>Productividad de Spool</i>	128
6.5.6.	<i>Análisis Financiero</i>	131
6.6.	<i>Contrastación de hipótesis</i>	134
6.6.1.	<i>Hipótesis general</i>	136
6.6.2.	<i>Hipótesis Secundaria 1</i>	137

6.6.3	<i>Hipótesis Secundaria 2</i>	138
6.6.4	<i>Hipótesis Secundaria 3</i>	139
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN		140
CONCLUSIONES		142
RECOMENDACIONES		143
REFERENCIAS		144
ANEXOS		147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventas Proyectadas	5
Tabla 2. Operacionalidad de la Variable disposición de Planta.....	29
Tabla 3. Operacionalidad de la Variable productividad.....	29
Tabla 4. Recolección de la Información.....	32
Tabla 5. Procesamiento de la Información.....	32
Tabla 6. Principales Clientes.....	36
Tabla 7. Maquinarias de Spool.....	39
Tabla 8. Normas de Calidad.....	47
Tabla 9. Diámetro de Tubos.....	50
Tabla 10. Matriz de Confrontación.....	55
Tabla 11. Ponderación de Encuesta.....	56
Tabla 12. Causas Principales del Problema.....	57
Tabla 13. Situación de la Disposición de Planta.....	58
Tabla 14. Distancia Recorrida – Spool.....	61
Tabla 15. Herramientas a Usar.....	63
Tabla 16. Causas Principales vs Herramientas a usar	63
Tabla 17. Frecuencia de Ocurrencia.....	64
Tabla 18. Producción Actual.....	65
Tabla 19. Personal Operativo	66
Tabla 20. Cálculo de la Producción Actual de ensamble	67
Tabla 21. Cálculo de la Producción actual de Soldadura	67
Tabla 22. Cálculo de la Producción actual de Control de Calidad (QC)	68
Tabla 23. Productividad actual de Spool	68
Tabla 24. Cálculo de la Productividad actual de Ensamble	70
Tabla 25. Cálculo de la Productividad actual de soldadura	70
Tabla 26. Cálculo de la Productividad actual de QC	71
Tabla 27. Inversión Actual	72
Tabla 28. Flujo de Caja Actual	72
Tabla 29. Indicadores Financieros Actual	74
Tabla 30. Estaciones de Trabajo	78
Tabla 31. Herramientas y Equipos de Estación de ER	79
Tabla 32. Herramientas Equipos de Estación de SR	81
Tabla 33. Herramientas y Equipos de estación de EST	82
Tabla 34. Herramientas y Equipos de Estación de QC	84
Tabla 35. Herramientas y Equipos de estación de R	85
Tabla 36. Relación de Importancia	87
Tabla 37. Vías de Producción de Spool	90
Tabla 38. Disposición de Planta – Proyecto	92
Tabla 39. Distancia Recorrida del Spool – Proyecto	93
Tabla 40. Implementación de Herramientas Lean – Proyecto	96
Tabla 41. Herramientas 5 S vs Causas del Problema	97
Tabla 42. Herramienta Kanban vs causas del problema	98
Tabla 43. Herramienta Jidoka vs Causas del Problema	102
Tabla 44. Herramienta Andón vs Causas del Problema	104
Tabla 45. Código de Colores	105
Tabla 46. Impacto de Implementar las Herramientas Lean	108
Tabla 47. Producción Spool – Proyecto	110
Tabla 48. Producción de Ensamble – Proyecto	111
Tabla 49. Producción de Soldadura – Proyecto	112
Tabla 50. Producción de QC – Proyecto	112
Tabla 51. Productividad spool – Proyecto	113
Tabla 52. Productividad de Ensamble – Proyecto	114
Tabla 53. Productividad de Soldadura – Proyecto	115

Tabla 54.Productividad de QC – Proyecto	116
Tabla 55.Inversión – Proyecto	117
Tabla 56. Plan de Inversión – Proyecto	118
Tabla 57. Proyección Ventas.....	119
Tabla 58.Datos Financieros Generales	119
Tabla 59.Flujo de Caja – Proyecto	120
Tabla 60.Indicadores Financieros – Proyecto	121
Tabla 61.Comparación de Disposición de Planta	122
Tabla 62. Comparación de Distancia Recorrida	124
Tabla 63.Comparación de DAP actual y DAP proyecto	125
Tabla 64.Impacto de Herramientas Lean	126
Tabla 65.Comparación de la Producción	128
Tabla 66.Comparación de la Productividad	129
Tabla 67.Comparación de la Productividad de Ensamble	131
Tabla 68.Comparación de la Productividad de Soldadura	131
Tabla 69.Comparación de la Productividad de QC	132
Tabla 70.Comparación de Flujo de Caja	132
Tabla 71.Comparación de Indicadores Financieros	134
Tabla 72.Variación de índices – Spool.....	137
Tabla 73.Variación de Índices – Ensamble.....	138
Tabla 74.Variación de Índices – Soldadura.....	139
Tabla 75.Variación de Índices – QC.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Disposición de Planta Actual	4
Figura2. Tipos de Disposición de Planta	14
Figura3. Procesos.....	24
Figura4. Propuesta de Análisis	30
Figura5. Ventas de la Empresa.....	34
Figura6. Organigrama de la Empresa.....	35
Figura7. Mapa de Ubicación.....	38
Figura8. Etapas Productivas de la Empresa.....	40
Figura9. Spool Promedio.....	44
Figura10. Diagrama de Flujo de Procesos.....	45
Figura11. Sistema de Spools.....	46
Figura12. Flujo de Recorrido del Producto.....	48
Figura13. Spool Armado.....	49
Figura14. Accesorios Inoxidables.....	49
Figura15. Proceso de Soldadura GTAW.....	50
Figura16. Proceso de Soldadura FCAW.....	51
Figura17. Proceso de Soldadura SAW.....	51
Figura18. Inspección de Spool.....	52
Figura 19. Proceso Granallado.....	53
Figura20. Spools Pintados.....	53
Figura21. Esquema de Ishikawa.....	54
Figura22. Principales Causas del Problema.....	58
Figura23. Disposición Planta Actual.....	59
Figura24. Layout Actual.....	60
Figura25. DAP de Fabricación de Spool de 24" diámetro.....	62
Figura26. Frecuencia de Ocurrencias.....	64
Figura27. Producción Actual Spool.....	66
Figura 28. Productividad Actual.....	69
Figura29. Diagrama Flujo de Caja Actual.....	73
Figura30 Índice de Resultados	75
Figura31. Diagrama de Flujo de Procesos.....	77
Figura32. Ensamble Rotado.....	79
Figura33. Estación de Trabajo ER.....	80
Figura34. Estación de Trabajo SR.....	81
Figura35. Estación de Trabajo EST.....	83
Figura36. Estación de Trabajo QC.....	84
Figura37. Estación de Trabajo R.....	86
Figura38. Relación de Estaciones.....	87
Figura39. Diagrama Relacional de Estaciones.....	88
Figura40. Diagrama Relacional de Espacios.....	89
Figura41. Diagrama Relacional de Espacios II.....	90
Figura42. Layout de Planta – Proyecto.....	91
Figura43. Disposición de Planta – Proyecto.....	92
Figura44. Diagrama de Recorrido – Proyecto.....	94
Figura45. DAP de Fabricación de Spool de 24" de diámetro.....	95
Figura46. Formato Kanban – Proyecto.....	99
Figura47. Estaciones Señalizadas – Proyecto.....	105
Figura48. Máquina de Soldadura Averíada.....	105
Figura49. Spool Liberado.....	106
Figura50. Frecuencia de Ocurrencias – Proyecto.....	109
Figura51. Producción Spool – Proyecto.....	110
Figura52. Productividad de Spool – Proyecto.....	114
Figura53. Diagrama de Flujo de Caja – Proyecto.....	121

Figura54. Layout Actual vs Proyecto.....	123
Figura55.Utilización Efectiva de los Espacios.....	124
Figura56.Comparación DAP Actual vs DAP Proyecto.....	126
Figura57.Comparación de Frecuencia de Ocurrencias.....	127
Figura58. Comparación de Producción.....	129
Figura59. Comparación de Productividad.....	130
Figura60. Calculo de VAN. TIR xls.....	134
Figura61. V de Cramér – xls.....	136

RESUMEN

La presente investigación nace de la necesidad de mejorar los procesos productivos y elevar la productividad de la empresa, para esto un factor fundamental es la disposición de planta con una adecuada utilización de los espacios, factor que menos atención le prestan en las empresas metalmecánicas.

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la correlación e influencia que existe de la disposición de planta (DP) en la productividad en la fabricación de spool en una empresa metalmecánica, buscando mejoras en el proceso de producción de la empresa.

Determinado los procesos de fabricación de spool se priorizaron las causas que origina el problema en estudio para seleccionar herramientas de mejora como System Layout Planning (SLP), así como algunas herramientas de manufactura esbelta como 5 S, Kanban, Jidoka y Andon para combinarlos tratando de mitigar dichas causas principales.

A continuación, se realizó una evaluación técnica y económica mostrando los resultados del impacto de aplicar estas herramientas, se obtuvo así un incremento del 92% con respecto al actual (993 m²) en la utilización efectiva de espacios de la planta gracias a una nueva DP., en cuanto a la productividad del área de spool en general se incrementó en un 13%, en la sección de ensamble se incrementó en un 9%, en la sección de soldadura la productividad experimenta un incremento del 13%, en la sección de QC la productividad se elevó en un 14%; así mismo las técnicas financieras como TIR (61%), VAN (\$ 2 396.37), B/C (1.6), mostrando la viabilidad de un proyecto de implementación de una nueva DP para el área de spool.

Finalmente se expone las conclusiones de esta propuesta de implementación de una nueva DP, y las recomendaciones para el mantenimiento y sostenibilidad de esta implementación.

ABSTRACT

This work stems from the need to improve production processes and increase productivity of the company, a key factor for this is the plant layout with proper use of space, less attention factor that lend you in the metalworking companies.

The main objective of this work is to determine the relationship between the plant layout (DP) and productivity in manufacturing spool in an engineering company, which must serve to consider proposals for improvements in the production process of the company.

Determining spool manufacturing process prioritized to know the causes of the problem to select enhancement tools such as System Layout Planning (SLP), as well as some lean manufacturing tools like 5S, Kanban, Jidoka, and Andon to mixing it, trying to mitigate these main causes.

Then, a technical and economic evaluation was carried out showing the results of the impact of applying these tools, thus achieving a 92% increase over the current (993 m²) in the effective use of plant spaces thanks to a new DP. As for the productivity of the spool area in general increase by 13%, in the assembly section increase by 9%, in the welding section productivity experienced an increase of 13%, in the section of QC productivity rose by 14%; As well as financial techniques such as TIR (61%), VAN (\$ 1 805.03), B/C (1.6), showing the feasibility of a project to implement a new DP for the spool area.

Finally, this work exposed the conclusions that this proposal of implement a new DP would have, like so recommendations for maintenance and sustainability of this implementation.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Las empresas buscan cada día elevar su productividad, lo cual involucra varios factores de la producción, una de ellas es la disposición de planta (DP) cuya finalidad principal es la ubicación adecuada de los equipos, máquinas y estaciones de trabajo de tal manera que genere flujo adecuado de los trabajos, materiales, personal e información a través de una ruta productiva establecido por la empresa.

Bajo este contexto analizamos una empresa metalmecánica que entre uno de los servicios que ofrece es la fabricación de spools. Este trabajo está desarrollado en 7 capítulos que describimos a continuación:

En el capítulo 1 se describe la realidad problemática del área de spool de la empresa en mención, la baja productividad resultado de una mala distribución y aprovechamiento de los espacios de la planta, así mismo señalamos el objetivo de la investigación que busca la relación que tiene la productividad con la disposición de la planta.

En el capítulo 2 encontramos los soportes teóricos el cual sustenta la investigación como conceptos, tipos de disposición de planta, así como de herramientas de manufactura esbelta que van ayudar a simular paralelamente algunos factores que influyen en las causas principales del problema de esta investigación que promete un ejemplo claro de mejora que pudieran implementar las pantas metalmecánicas de nuestro medio.

En el capítulo 3 buscamos definir la hipótesis para demostrarla con el desarrollo de la investigación y la operacionalidad de las variables: disposición de planta y productividad. Variables importantes en todo proceso productivo que tienen una influencia considerable en los índices de productividad.

En el capítulo 4 podemos apreciar los materiales que usamos en la ejecución de este trabajo y el método que se usaron en la investigación.

En el capítulo 5 se analiza a la empresa con una breve descripción de sus actividades y su organización, sus procesos, producción de fabricación de spool, que es una de sus actividades de producción muy importante, por ser la más rentable en el rubro metalmecánico.

En el capítulo 6 presentamos los resultados de la simulación de la aplicación de System Layout Planning (SLP) mejorando la distribución de planta con un aprovechamiento de los espacios de un 42% a un 82% del área disponible, gracias a ello la productividad se incrementa de 1.19 a 1.34 así mismo las herramientas de manufactura esbelta reducen las frecuencias de incidencias en un 60%.

En el capítulo 7 finalmente presenta las conclusiones a las que se llega y recomendaciones de la implementación de una nueva DP que incrementarían la productividad de la empresa.

1.1. Realidad problemática

El mundo globalizado exige a las organizaciones a ser más competitivos en el mercado, y esto, demanda que las empresas sean eficientes en sus procesos industriales capaz de satisfacer y ofrecer a sus clientes productos de calidad. Algunas empresas metalmeccánicas extranjeras como: Altitud S.A., PSA Automotive S.A., ECA S.A., los cuales adoptaron una mejora en su producción basados en una mejora de su disposición de planta.

Según Lozano (2010), la empresa brasileña Altitud S.A., dedicado a la fabricación de estructuras metálicas poseía problemas relacionados con la inadecuada utilización del espacio disponible, los que generaban mucho desorden e impacto en la producción, este problema se solucionó aplicando un modelo de disposición QAP (Problema de la Asignación Cuadrática), basado en costear los flujos de las distancias que realiza el producto.

Para Guerrero (2015), PSA Automotive S.A., empresa metalmeccánica mexicana del giro automotriz dedicada a la fabricación de autopartes, pasaba por una reducción de sus ventas y alza de sus costos operacionales, lo cual obligan a cambiar de planta necesitando de esta manera un diseño de distribución de planta diferente al que tenían, este problema lo resolvieron con VSM (Value Stream Planning) del proceso, para hacer más fácil la comprensión del flujo del proceso.

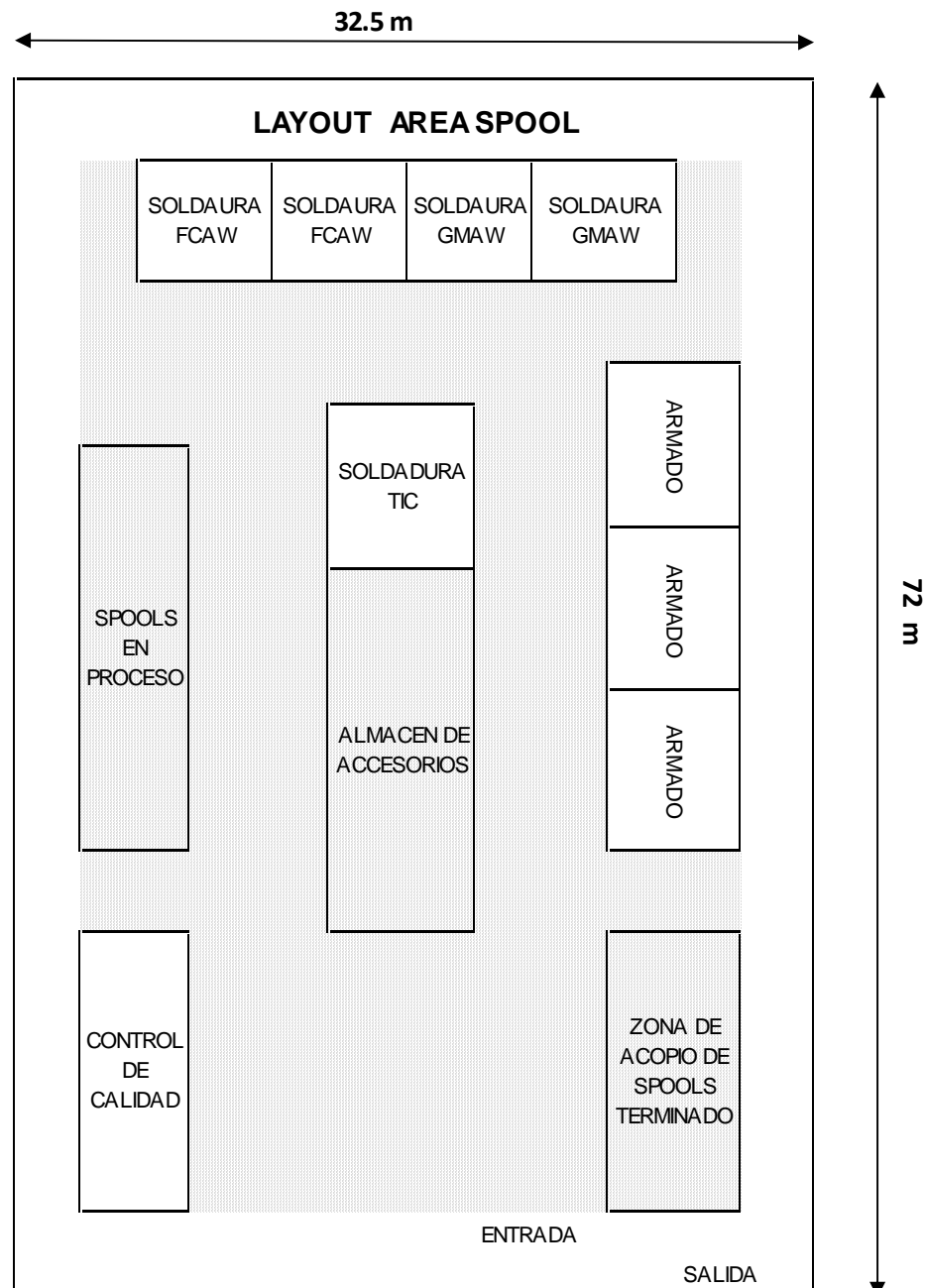
Así mismo Villanueva (2007), describe la problemática de la empresa mexicana ECA S.A., dedicada a la fabricación de hornos industriales y de laboratorio, esta empresa perdió un gran porcentaje de su mercado por la apertura del mercado nacional, haciendo frente a productos importados con mejores diseños, y bajos costos, para ello se enfocó en la reducción de costos de producción gracias a la manufactura esbelta, el cual incluye la redistribución de la planta.

En el Perú la industria metalmecánica ha incrementado su producción en esta última década, debido a la ventaja competitiva de reserva de minerales que originan la constante actividad minera respecto a otros países del continente. Las empresas más importantes del sector metalmecánico como HAUG, Técnicas metálicas, FIANSA y COMECO, quienes desarrollan su producción por lo general en base a un tipo de disposición de planta por procesos mas no por producto, entendiéndose así que la distribución de sus plantas amerita mucho análisis y evaluaciones debido a la gran variedad de proyectos únicos.

La empresa metalmecánica FIMA S.A. (fabricación industrial de maquinarias S. A.) empresa dedicada a la fabricación, comercialización de maquinarias así como desarrollar proyectos llave en mano (EPC) para la industria del hierro, hidrocarburos y minería etc. Una de sus actividades significativas en su producción es la fabricación de spools, producto metalmecánico muy usado en gasoductos, minería entre otros. Así pues esta empresa posee un área específica de 2340 m² solamente para la fabricación de este producto antes mencionado. El área donde se realiza esta fabricación posee una distribución de las estaciones de trabajo sin considerar criterios de desplazamiento entre cada proceso. Dentro de esta dimensión se encuentra el área de armado o ensamble, soldadura y calidad. El área de armado con relación al área de soldadura es muy distante, algunas veces se justifica este criterio debido a que el soldador se desplaza hacia el área de armado o ensamble para soldar el spool, cuando el peso y la forma tridimensional del spool es algo complejo, sujeto a un riesgo de caída o daño del mismo al desplazarlo hacia el área de soldadura. Por otro lado se verifica falta de orden en la asignación del personal en las áreas de trabajo, algunas veces 3 - 5 obreros trabajando en un mismo spool lo cual señala desperdicio de mano de obra. Dentro de la planta hay un sector de almacenamiento de materiales, así como de productos terminados fallados en algún proceso, esto quita espacio a la planta pudiéndose disponer ese espacio para actividades de fabricación directas al producto. Ese panorama global de la planta se trasluce aún más en el desorden y falta de organización de cada zona de trabajo. Este problema origina que el tiempo de fabricación de spool sea muy largo, evidenciándose en la baja productividad de la planta. Mensualmente se procesa un promedio de 400 spools en promedio. Al no tener mayor capacidad de planta en la producción se ve en la necesidad de pedir los servicios de pequeñas contratistas como MARINSA, JJ y HV. Por ello la planta requiere de un análisis exhaustivo para rediseñar la ubicación de

las estaciones de trabajo de las áreas de armado, soldadura a fin de mejorar los procesos y la productividad de la planta.

Figura 1. Disposición de Planta Actual.



Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Tabla 1. *Ventas proyectadas de la Empresa.*

Ventas proyectadas por sectores (\$000)							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Pesca	10100	4900	6040	7040	6760	4394	4344
Minería	11200	9800	12080	14080	13520	8788	10617
Gas y petróleo	1120	2450	3020	3520	3380	2197	2346
Exportaciones	5100	6125	7550	8800	8450	5493	6478
Repuestos y otros	560	1225	1510	1760	1690	1099	1189
Total	28080	24500	30200	35200	33800	21971	29194.0

Fuente: Adaptado de Latin Pacific Capital.

Elaboración: Los investigadores.

1.2. Formulación del problema

PG: ¿Cómo influye la disposición de planta (DP) en la productividad del área de spool de la empresa FIMA S.A.?

PE1: ¿Existe correlación e influencia de la DP en la productividad de la sección de ensamble-spool de la empresa metalmecánica?

PE2: ¿Hay correlación e influencia de la DP en la productividad de la sección de soldadura-spool en la empresa metalmecánica?

PE3: ¿Tiene correlación e influencia de la DP en la productividad de la sección de control de calidad (QC) – spool en la empresa metalmecánica?

1.3. Justificación

La disposición de planta constituye el marco general donde se desarrolla el proceso de producción ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios y costos. De este modo una buena disposición de planta es importante porque evita fracasos productivos y financieros, contribuyendo a un mejoramiento continuo en los procesos productivo de la organización.

1.3.1 Justificación técnica.

La presente investigación contribuirá a mejorar los procesos de fabricación de spools ya que la disposición actual de la planta no considera los criterios técnicos de distancia de desplazamiento para el acarreo del producto de una estación de trabajo a otro, carece de metodología en cada proceso de fabricación, la

desorganización del área destinada a la fabricación de este producto metalmecánico, así como la falta de orden en las estaciones de trabajo de las diferentes etapas del proceso de producción.

1.3.2 Justificación económica.

La presente investigación contribuirá a reducir los tiempos de los procesos de producción reduciendo así los costos de producción originando un impacto financiero para la empresa.

1.3.3 Justificación en seguridad y salud ocupacional.

La presente investigación es importante porque está de acuerdo a la Norma OSHA 18001 (2007) establece que los procedimientos para la identificación de peligros y evaluación de riesgos deben tomar en cuenta el diseño de las áreas de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria/equipamiento, procedimiento operativo y organización del trabajo, incluyendo su adaptación a las capacidades humanas.

La presente investigación contribuirá a la ordenación del área de spool mitigando el riesgo de sufrir accidentes como consecuencia de maniobras peligrosas de izaje y desplazamiento de los materiales y del producto en proceso.

Solamente en el año 2014 y 2015 se registraron en promedio 14 incidentes leves y 1.5 incidentes medio. Por ello con la nueva propuesta del presente estudio se busca reducir esas incidencias en un 60% aproximadamente, los mismos que se pueden ver en el anexo 29.

1.4. Limitaciones

Las limitaciones de la investigación a superarlos son:

- a) Limitaciones bibliográficas. Hemos tenido dificultad para el acceso a datos bibliográficos de la empresa, ya que la empresa tiene una política restringida en cuanto a información dentro de las instalaciones.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

OG: Determinar la correlación e influencia de la disposición de planta en la productividad del área de spool en la empresa metalmecánica FIMA S.A. en el año 2016.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar la correlación e influencia de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de ensamble de la empresa metalmecánica.

OE2: Establecer la correlación e influencia de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de soldadura de la empresa metalmecánica.

OE3: Definir la correlación e influencia que existe de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de control de calidad de la empresa metalmecánica.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Padilla (2008), realizó una investigación en la tesis titulada *“Diseño de Instalaciones y Distribución de la Nueva Planta para la Optimización de la Producción en Mecánica Industrial Padilla”* para optar el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Tecnológica Equinoccial., el objetivo principal es Diseñar, organizar y distribuir físicamente la planta de la empresa Mecánica Industrial Padilla, el tipo de investigación es predictiva no-observacional y relacional, los instrumentos usados son encuestas, la muestra de estudio es el área de producción y sus resultados y conclusiones son:

Con la distribución actual un trabajador construye un piñón de $z = 16$, diámetro exterior 150mm, y con un espesor de 30mm en tres horas veinte minutos, con este nuevo diseño el trabajador tardará dos horas cincuenta y nueve minutos en la construcción del mismo piñón, ya que todo se encuentra a la mano en su mismo puesto de trabajo y no pierde tiempos innecesarios en búsqueda de material o herramienta que en este caso es de veinte minutos.

Con la distribución actual un trabajador construye un perno 9/16 longitud de rosca 40mm, longitud de vástago 50mm, cabeza hexagonal para lleve 22mm con cabeza hexagonal, en setenta y tres minutos con cincuenta y cinco segundos, con este nuevo diseño el trabajador tardará cincuenta y cinco minutos con cincuenta segundos en la construcción del mismo perno, se obtendrá un ahorro de dieciocho minutos con tres segundos que son mal gastados en búsquedas de herramientas.

En nuestra investigación la información líneas arriba contribuye de gran manera ya que también buscamos la mejora en la productividad, reduciendo tiempos de producción de la empresa.

Miranda y Rodríguez (2008), realizaron una investigación en la tesis titulada *“Rediseño de la Distribución de la Planta Física del Área de Producción y Almacén de la Empresa Tubos y Metales & Cía. Ltda.”* Para optar el título de administrador industrial en la Universidad de Cartagena; el objetivo principal de esta tesis es: Diseñar una Distribución de Planta en el área de Producción y Almacén de la

empresa Tubos y Metales & Cía. Ltda., que permita mejorar la disposición de los elementos del ciclo productivo de forma eficiente, ordenada, segura, y económica. El tipo de investigación es descriptiva, los instrumentos usados son entrevistas y encuestas, la muestra de estudio es el área de producción y almacén, y sus resultados son: La utilización de una de las herramientas para la distribución de planta SLP (System Layout Planning/ Planeación Sistemática de la Distribución), aporta varias alternativas que el autor usa para seleccionar el más óptimo como es el resultado de distancia: recorrido actual (99.923 m) frente a la más baja alternativa, recorrido alternativa III (69.418 m). El criterio de distancia recorrido también está dentro de nuestro análisis del caso, buscando con ello tener impacto en el tiempo de cada proceso de la producción.

Montaño y Mesías (2013), realizaron una investigación en la tesis titulada *“Diseño de una Planta Ensambladora de Cocinetas a Inducción Magnética”* para optar el título de ingenieras industriales en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el objetivo principal de esta tesis es: Diseñar una planta ensambladora de cocinetas a inducción magnética para uso doméstico, mediante las técnicas para instalaciones de manufactura, el tipo de investigación es descriptiva, los instrumentos usados son encuestas y software Brown-Gibson, la muestra de estudios es área de producción, y sus resultados y conclusiones arrojan una visión positiva ya que la planta ensambladora es factible siempre y cuando se elija un solo escenario de dos planteadas, el escenario 1 consiste en la producción de varios tipos de cocinetas con dos, tres y cuatro hornillas, con un TIR de -22% mientras que el escenario 2 consiste en la producción de cocinetas con solo una hornilla con un TIR de 14%. Esta tesis contribuye en nuestro caso ya que buscando optimizar los espacios de la planta también buscamos el mejor escenario que agrega valor a la producción de las áreas de soldadura, calderería y calidad.

Olgúin (2015), realizó una investigación en la tesis titulada *“Diseño de un Sistema de Información para Mejorar la Eficiencia en la Planificación y Control de los Procesos Productivos de una Empresa de Piping”* para optar el título de ingeniero civil industrial en la Universidad de Chile. El objetivo principal de esta tesis es: Generar una propuesta de diseño de un sistema de información para mejorar la eficiencia en la planificación y control de los procesos productivos de una empresa

de piping, inserta en la industria minera nacional. El tipo de investigación es descriptiva, los instrumentos usados son los datos históricos de la empresa FASTPACK S.A. y software spool machine. Los resultados obtenidos son la reducción de los tiempos de operación en un 42% al implementar una nueva metodología de planificación con el software Spool Machine.

Guerrero (2015), realizó una investigación en la tesis titulada *“Propuesta de Redistribución de Planta en Producción”* para optar el título de ingeniero en procesos y operaciones industriales en la Universidad Tecnológica de Querétaro de México. El objetivo principal de esta tesis es: Diseñar la distribución física de la planta PSA Automotive en los siguientes cinco meses, hasta cubrir el 100% de la actividad validada por Caleb Gamaliel Muñoz Rodríguez. El tipo de investigación es descriptiva, los instrumentos usados son información directa de la empresa, así como el software VSM (Value Stream Mapping). Los resultados obtenidos son la elaboración de un diseño nuevo de planta.

Para el caso que llevamos es un referente más de aplicación de criterio de distribución antes de ubicar los equipos y estaciones de trabajo en un lugar destinado para la producción de la empresa, criterio que tendremos al analizar el layout que proponemos en este estudio.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

Rau (2009), realizó una investigación en la tesis titulada *“Rediseño de distribución de planta de las instalaciones de una empresa que comercializa equipos de bombeo para agua de procesos residuales”* para optar el título de ingeniero industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú, el objetivo principal es Obtener una mejora en la distribución racional en la Planta de la empresa comercializadora de bombas de agua de procesos y residuales, ya sea por medio de una redistribución, una ampliación o un traslado, que brinde un soporte efectivo para el normal flujo de las operaciones desarrolladas, minimizando costos y actividades de acarreo y /o manipulación, asimismo proponer medidas de seguridad y lograr espacios adecuados para el personal de la empresa que permita alcanzar los máximos niveles de productividad, eficacia y eficiencia acordes a los objetivos y estrategias de gestión de las operaciones vigentes.

El tipo de investigación es aplicada y explicativa, los instrumentos usados son cuestionarios, la muestra es el área de mantenimiento y almacén, sus resultados y conclusiones radica en tres alternativas, alternativa 1 recomienda seguir trabajando en el mismo local sin considerar la proyección del crecimiento del personal, la alternativa 2 sugiere seguir laborando en el mismo local pero si considera los requerimientos del cliente, aumento de personal etc., la alternativa 3 es una planta ideal, es decir en un nuevo local. De ello el que más se adapta a las condiciones de la empresa es la alternativa 2. Los conceptos de planificación global de recursos, gestión de la cadena de suministro y respuesta eficiente al consumidor se está incorporando rápidamente en las empresas peruanas cada vez más exigentes, en esta tesis el autor ha visto la necesidad de definir metodología en los procesos, establecer la integración interna de áreas y rediseñar el espacio de la planta que ocupa actualmente para lograr mayor competitividad en el mercado.

Para nuestra investigación un aporte que rescatamos de la tesis mencionada es el tema de definir metodología del proceso y la integración de las áreas como habilitado, almacén, planeamiento, mantenimiento, pintura etc. Son puntos que en nuestro caso también lo estamos ventilando.

Córdova (2012), realizo una investigación en la tesis titulada “Mejoras en el Proceso de Fabricación de Spools en una empresa Metalmecánica usando la Manufactura Esbelta” para optar el título de ingeniero industrial en la Universidad Pontificia Católica del Perú. El objetivo principal de esta investigación es el diseño de un modelo de aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el sistema de fabricación de spools de una empresa metalmecánica, además de demostrar la factibilidad económica de su implementación.

El tipo de investigación es aplicada, los instrumentos usados son entrevistas con cuestionarios para definir los puntos de las anomalías, la muestra de estudio es la planta de fabricación de spools, los resultados y conclusiones muestran que el impacto que genera la implementación de la mejora con las herramientas lean es de 46% más en la producción, así mismo con un TIR de 14%, sentando así la viabilidad del proyecto de mejora.

En nuestro caso de estudio es muy importante el aporte de esta tesis ya que en la metodología a proponer también consideramos algunas herramientas de

manufactura esbelta necesarias para mejorar el procedimiento de trabajo de cada estación de trabajo.

Claudio (2011), realizó una investigación en la tesis titulada *“Diagnóstico y propuesta de mejora de los procesos de un taller mecánico de una empresa comercializadora de maquinarias”* para optar el título de ingeniero industrial en la Universidad Pontificia Católica del Perú, el objetivo principal de la investigación es analizar las principales causas que generan ineficiencias y merman la productividad en un taller mecánico de una empresa comercializadora de maquinaria, además de identificar oportunidades de mejora que permitan incrementar la productividad y la eficiencia del área. El tipo de investigación es descriptiva.

Los instrumentos usados son la lluvia de ideas y encuesta a los dueños del proceso, sus resultados y conclusiones indica que las principales causas que generan ineficiencias y merman la productividad en un taller mecánico de la empresa comercializadora de maquinaria, ubica que la mala disposición de la planta contribuye con una influencia ponderada de 3.7 %. El análisis costo/beneficio de implementarse esta investigación es de 15.2 para la elaboración del manual de organización y funciones, así como de 1.1 para la adquisición de un montacargas, 1.6 para la implementación de un workflow para la solicitud de repuestos.

Para nuestro caso el tema de la disposición de planta incide en un 3.32 % por criterio de importancia, índice que se considera para realizar la investigación de la influencia que esta tiene sobre distintos procesos en la fabricación de los spool así como en su productividad.

Torres (2014), realizó una investigación en la tesis titulada *“Propuesta de Mejora en el Proceso de Fabricación de Pernos en una Empresa Metalmecánica”* para optar el título de ingeniero industrial en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo principal de esta tesis es: Analizar la situación actual de la empresa en estudio, proponer la implementación de las herramientas de manufactura que le permita mejorar la calidad de sus productos, reducir el tiempo de entrega y responder de manera rápida a las necesidades cambiantes del cliente, mejorar su competitividad en el mercado y la satisfacción del cliente. El tipo de investigación es aplicada. La muestra es el proceso de fabricación de pernos. Los instrumentos utilizados son entrevistas y observaciones del proceso.

Los resultados de esta implementación arroja una disminución del tiempo de fabricación en un 50% aproximadamente así mismo las evaluaciones financieras de implementarse esta mejora en la empresa obtienen un TIR del 71%, un VAN positivo de s/ 6 900,7; un costo beneficio de 2.31 indicando la factibilidad de la implementación de la mejora.

Para nuestra investigación este escenario contribuye en la selección de herramientas de manufactura esbelta que usan para mitigar algunas fallas de producción.

Leyva (2015), realizó una investigación en la tesis titulada *“Un Algoritmo Greedy para el Diseño de Distribución de Planta con Multi productos y Rutas de Procesamiento en las Instalaciones Industriales”* para optar el título de magister en ingeniería de sistemas e informática en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El objetivo primordial de la investigación es proponer e implementar un algoritmo goloso para diseñar distribuciones de planta por procesos con multi productos y rutas de procesamiento en las instalaciones industriales, minimizando el costo total del manejo de materiales. El tipo de investigación es aplicada, puesto que propone un diseño de distribución de planta como mejoras de la organización. Los instrumentos usados son software como el AlgoDist.

Los resultados obtenidos son las comparaciones la función objetivo de AlgoDist frente a otros algoritmos de otros autores, por ejemplo AlgoDist(2015) frente Salas B.J.A. se obtiene 3426 (en 1 corridas), 3426 (en 10 corrida) respectivamente; así mismo AlgoDist (2015) frente a Chase et al. Se obtiene 228 y 328 respectivamente, para el caso de AlgoDist frente a El-Bas (2004) se obtiene 4862 y 4818 respectivamente, por otro lado este algoritmo muestra un grado de eficiencia de 96%.

Es importante la información de esta tesis ya que ahonda el análisis con modelaciones informáticos, y considerar que hay más de una solución a la correcta ubicación de los elementos de producción en una planta, sin embargo la característica del producto será un factor predominante para la inclinación al método confiar.

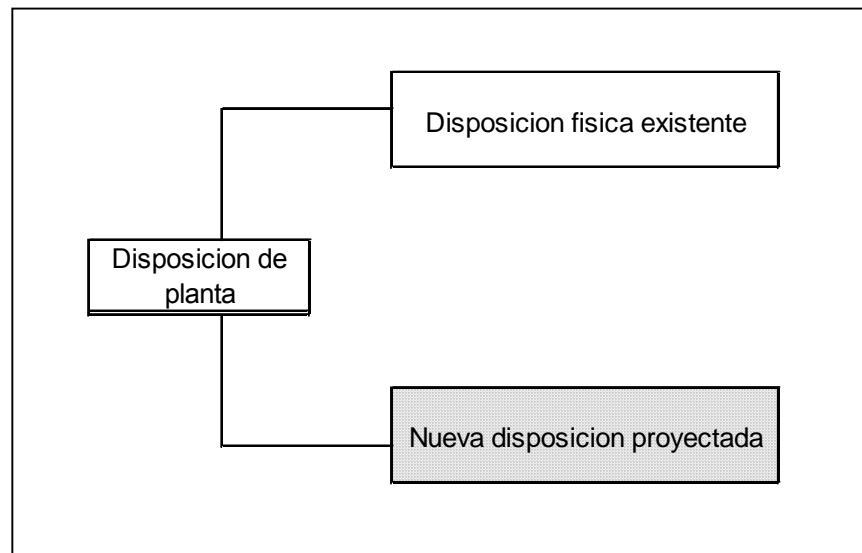
2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Disposición de Planta.

a) Conceptos.

Díaz, Jarufe y Noriega (2007) mencionan que “La disposición de planta es el ordenamiento físico de los factores de la producción, en el cual cada uno de ellos está ubicado de tal modo que las operaciones sean seguras, satisfactorias y económicas en el logro de sus objetivos”.

Figura 2. Tipos de Disposición de Planta.



Fuente: Díaz, Jarufe y Noriega (2007)

Elaboración: Los investigadores.

En síntesis distribución de planta es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta, servicios auxiliares y beneficios correspondientes. García (2003, p.143).

Según Chase y Aquilano (2006), la distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico.

Según Muther (1965), La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio.

Según Meyer y Stephens (2006), La disposición es el arreglo físico de máquinas y equipos para la producción, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración, y el equipo de manejo de materiales. La distribución de la planta es el resultado final del proyecto de diseño de la instalación de manufactura. Además de la necesidad de desarrollar nuevas instalaciones de fabricación, las plantas ya existentes experimentan cambios continuos. En promedio, cada 18 meses ocurren redistribuciones importantes en las plantas, como resultado de modificaciones en el diseño del producto, métodos, materiales y proceso.

b) Dimensiones de Disposición de Planta.

b.1) Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

El artículo 21 de la Norma A 010 del RNE establece ciertos lineamientos generales para las edificaciones en general a cerca de las dimensiones de los ambientes y sus condiciones de ventilación, seguridad, ordenamiento de los

espacios, distribución de los equipos, e iluminación de los mismos. Así mismo el artículo 1, 2 de la Norma A 060 del RNE menciona el cumplimiento de ciertos requisitos de seguridad de personal, así como del entorno, asegurando los procesos productivos y la reducción del impacto ambiental producto de las operaciones. (RNE, 2014).

b.2) Disposición de Planta.

Según García, (2003) el objetivo de una disposición de planta bien planeada e instalada es reducir los costos de fabricación como resultado de las siguientes mejoras: Reducción del riesgo para la salud, incremento de la seguridad y aumento de la moral y satisfacción del trabajador, incremento de la producción, optimización del empleo del espacio para las distintas áreas, reducción del manejo de materiales y maximización de la utilización de la maquinaria, mano de obra y servicios. También la reducción del material en proceso, la implantación de una supervisión más fácil y eficaz, la disminución del congestionamiento de materiales, la reducción de su riesgo y el aumento de su calidad así como una mayor facilidad de ajuste a los cambios requeridos.

b.3) Herramientas Lean.

Según Hernández, Vizán (2013) afirma que lean manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”. Así mismo, lean manufacturing no es un concepto estático, que se puede definir de forma directa ni tampoco, una filosofía radical que rompe con todo lo conocido.

c) Otros temas

c.1) Principios para la Disposición de Planta

c.1.1) Integración Global. La mejor disposición es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que se logre la mejor coordinación entre ellos.

c.1.2) Mínima Distancia Recorrida. En igualdad de condiciones es siempre mejor la disposición que permite que la distancia que el material va a recorrer entre operaciones sea la más corta. Será conveniente ubicar las operaciones sucesivas en lugares adyacentes. De este modo eliminaremos

el transporte innecesario entre ellas, pues cada una descargara el material en el punto en el que el siguiente lo recoge.

- c.1.3) Flujo de Materiales. Es mejor aquella disposición que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales. El material se moverá progresivamente desde cada operación o proceso hasta el siguiente hasta su terminación, pero esto no significa necesariamente que se moverá en línea recta o en una sola dirección. Se centra en un constante progreso hacia la terminación, con un mínimo de interrupciones, interferencias o congestiones.
- c.1.4) Espacio Cubico. La economía se obtiene utilizando, de un modo efectivo, todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontalmente. Los hombres, las máquinas y el material tiene tres dimensiones, por tanto, la disposición debe utilizar la tercera dimensión de la planta tanto como el área del suelo.
- c.1.5) Satisfacción y Seguridad. En igualdad de condiciones será siempre más efectiva la disposición que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores. La seguridad es un factor de gran importancia en la mayor parte de las disposiciones y es vital en algunas de ellas. Una disposición nunca puede ser efectiva si se somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.
- c.1.6) Flexibilidad. Siempre será más efectiva la disposición que puede ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes. La investigación y la tecnología avanzan con rapidez, exigiendo que la industria siga este ritmo de progreso. Ello implica cambios frecuentes en los diseños, métodos, equipos y fecha de entrega. Si la empresa no se adapta con la suficiente rapidez se puede perder muchos clientes. Por ello, se esperan grandes beneficios con una disposición que permita contar con una planta fácilmente adaptable o ajustable con rapidez y economía. (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007).

c.2) Tipos de Disposición de Planta

Para la disposición de planta se presentan tres tipos de distribución fundamental.

c.2.1) Disposición por Posición Fija.

Según (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007) se trata de la disposición en la que el material o el componente principal permanecen en un lugar fijo, y los trabajadores, las herramientas, la maquinaria, y otras piezas de material son dirigidos hacia este. El producto se elabora con el componente principal estacionado en una misma posición. Pero al final de las operaciones el producto se ubica en el lugar requerido para cumplir su función. La producción se maneja como un proyecto; por ejemplo, las distribuciones de planta para la construcción de barcos, aviones, etc. Entre las ventajas de este tipo de disposición fija tenemos:

- i) Reduce el manejo de la pieza mayor.
- ii) Permite que se realice cambios frecuentes en el producto y en la secuencia de operaciones.
- iii) Se adapta a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.
- iv) Es más flexible ya que no requiere una distribución muy organizada ni costosa.

Por lo general esta disposición se usa cuando el producto es de gran tamaño y peso. También si se elabora pocas unidades o una sola, o si el traslado de la pieza mayor genera costos elevados o dificultades en el proceso.

c.2.2) Disposición por Proceso o Función.

En ella todas las operaciones del mismo proceso, o tipo de proceso, están ubicadas en un área común. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo; por ejemplo en las plantas de metalmecánica, hospitales, talleres artesanales y fábricas de panificación. Entre las ventajas de su aplicación tenemos:

- i) Una mejor utilización de la maquinaria, lo que permite reducir las inversiones en este rubro.
- ii) Se adapta a gran cantidad de productos, así como a cambios frecuentes en las operaciones.
- iii) Se adapta a las variaciones de los programas de producción (demanda intermitente).

- iv) Es más fácil mantener la continuidad de la producción en los casos de: avería de maquinaria y equipo, escasez de material y ausencia de trabajadores. (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007)

Este tipo de disposición se aplica cuando la maquinaria es muy cara y difícil de mover; en casos de que se fabriquen diversos productos; si se presentan variaciones de tiempos requeridos para la producción; si la demanda es intermitente o pequeña.

c.2.3) Disposición en Producción por Producto.

En ella un producto o tipo de producto se elabora en un área; pero, al contrario de la disposición fija, el material está en movimiento. Se dispone de cada operación una al lado de la siguiente. Cada una de las unidades requiere la misma secuencia de operaciones de principio a fin. La maquinaria y el equipo están ordenadas de acuerdo con la secuencia de las operaciones; por ejemplo, en el ensamblaje de automóviles y plantas embotelladoras de bebidas. Entre sus ventajas más resaltantes tenemos:

- i) Se reduce el manipuleo del material.
- ii) Disminuye la cantidad de material en proceso, permitiendo reducir el tiempo de producción y la inversión en material.
- iii) Mayor eficiencia en la mano de obra, por la mayor especialización y facilidad de entrenamiento.
- iv) Mayor facilidad de control de la producción y sobre los trabajadores, reduciéndose el número de problemas entre los departamentos de la empresa.
- v) Se reduce la congestión y el área de suelo ocupado.

Existen circunstancias que amerita la aplicación de este tipo de distribución como las siguientes:

- a) Si hay gran cantidad de unidades a fabricar.
- b) En el caso de que el producto este estandarizado.
- c) Si la demanda del producto es estable.
- d) Cuando la producción sea continua y el ritmo de producción que se genere justifique los costos de instalación.
- e) Si la línea esta equilibrada en tiempo (todas las operaciones en el mismo lapso de operación). (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007)

c.3) Layout de Planta

Según Render, Heizer (2007) Las decisiones sobre la layout son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia a largo plazo de las operaciones. El layout de las operaciones tiene numerosas implicaciones estratégicas, porque establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costes, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen. Un layout eficaz puede ayudar a una organización a conseguir una estrategia que esté basada en diferenciación, bajos costes o rapidez de respuesta.

c.4) Herramientas Lean Manufacturing.

Según Palacios. (2012, p.38), “es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios: es decir ajustados”

Esta metodología se basa en determinadas herramientas que busca la reducción de los desperdicios en productos manufacturados.

- a) Sobre-producción.
- b) Tiempo de espera.
- c) Transporte.
- d) Potencial humano subutilizado.
- e) Movimiento.
- f) Inventario.
- g) Defectos.

Eliminando los desperdicios se mejora la calidad y se reduce el tiempo de producción y el costo. Hemos usado algunas de estas herramientas con el fin de proponer un ordenamiento bajo una metodología.

c.4.1) Las 5 S.

Para Hernández y Vizán (2013) Las 5 S constituye una técnica usada para el mejorar las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.

- i) Seiri (Organizar). Consiste en clasificar lo que se necesita de lo que no se necesita.
- ii) Seiton (ordenar). En esta etapa de organiza lo que se clasifico para su efectiva ubicación.

- iii) Seiso (Limpieza). Significa limpiar, inspeccionar el entorno para ubicar el defecto y eliminarlo, es decir anticiparse para prevenir defecto.
- iv) Seiketsu (Estandarizar). Permite consolidar las metas asumidas en las primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables.
- v) Shitsuke (Disciplina). Su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada.

c.4.2) Kanban.

Es el sistema de control y programación sincronizada de la producción a través de tarjetas. Esto significa que cada producto lleva consigo una tarjeta de identificación, mostrando los procesos a que será sometido de tal manera solo al ver la tarjeta de un producto sabemos en qué proceso se encuentra, cuales ya fue hecho y cuales les falta por realizar para culminar.

c.4.3) Jidoka.

Según Hernández y Vizán (2013) Jidoka es un término japonés, que significa automatización con un toque humano o autonomación. Esta palabra, que no debe confundirse con automatización, define el sistema de control autónomo propuesto por el Lean Manufacturing. Bajo la perspectiva Lean, el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Dado que sólo se producirán piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso.

c.4.4) Andon.

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo. Andón significa ¡ayuda!

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. El

Andón en un área de asamblea será activado vía una cuerda del tirón o un botón de empuje por el operador. Un Andón para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención a la necesidad actual de las materias primas. Andón es una herramienta usada para construir calidad en nuestros procesos. Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. (www.controlvisual.com/andon, 2013).

2.2.2. Productividad.

a) Conceptos.

Para Martínez (2007) la productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios; traducida en una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos, denotando además la eficiencia con la cual los recursos -humanos, capital, conocimientos, energía, etc.- son usados para producir bienes y servicios en el mercado.

Según Belcher, J (1992) nos dice que el concepto de productividad es bastante simple: se trata de la relación entre lo que produce una organización y los recursos requeridos para tal producción.

Bain (1985), define a la productividad como la relación entre cierta producción y ciertos insumos.

Sin embargo, para Render y Heizer (2009), la productividad es la relación que existe entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas (recursos como mano de obra y capital).

Por otro lado, para Chase Jacobs y Aquilano (2006), La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios.

b) Dimensiones de Productividad.

b.1) Productividad.

Bain, (2009) sostiene que la productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado. Es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables.

El concepto de productividad implica la interacción entre los distintos factores del lugar de trabajo. Mientras que la producción o resultados logrados pueden estar relacionados con muchos insumos o recursos diferentes, en forma de distintas relaciones de productividad —por ejemplo, producción por hora trabajada, producción por unidad de material o producción por unidad de capital—, cada una de las distintas relaciones o índices de productividad se ve afectada por una serie combinada de muchos factores importantes.

b.2) Producción.

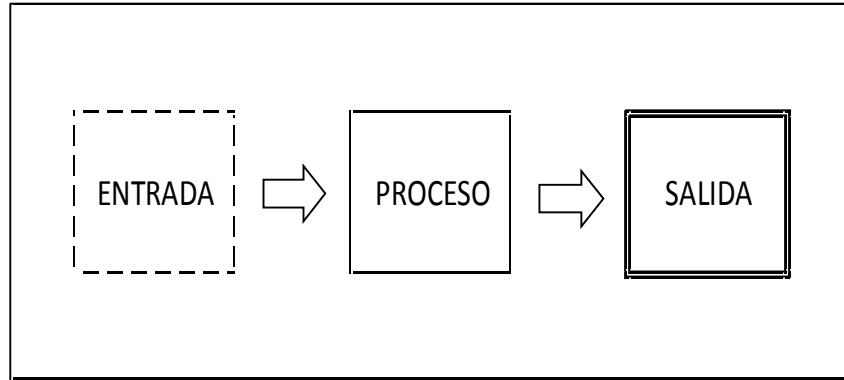
Para Heizer y Render (2009) citado por Villacorta, (s.f.) “La producción es la creación de bienes y servicios”. Los fabricantes producen artículos tangibles, mientras que los productos de servicios a menudo son intangibles. Sin embargo, muchos productos son una combinación de un producto y servicio, lo cual complica la definición de servicio. Por ello la producción es el componente más importante de las empresas.

b.3) Procesos.

Cerrón (2006), indica que se puede definir a un proceso como el conjunto de recursos y actividades que se interrelacionan para transformar elementos de input en elementos de output, donde los recursos son personas, equipos, métodos, infraestructura etc.

Alexander (2002), define a los proceso como un conjunto de recursos y actividades que se interrelacionan para transformar insumos en resultados.

Figura 3. Procesos



Fuente: Los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

c) Otros Sub-Temas.

c.1) Medición de la productividad.

Heizer, Render (2009). Sostienen que la medición de la productividad puede ser bastante directa. Tal es el caso si la productividad puede medirse en horas-trabajo por tonelada de algún tipo específico de acero. Aunque las horas-trabajo representan una medida común de insumo, pueden usarse otras medidas como el capital (dinero invertido), los materiales (toneladas de hierro) o la energía (kilowatts de electricidad). Un ejemplo puede resumirse en la siguiente ecuación: para 1000 unidades producidas con 250 horas hombre.

Así pues, Heizer, Render, (2009), a la medición de la productividad con un solo recurso de entrada lo llama productividad **de un solo factor**. Sin embargo, un panorama más amplio de la productividad es la **productividad de múltiples factores**, la cual incluye todos los insumos o entradas (por ejemplo, capital, mano de obra, material, energía). La productividad de múltiples factores también se conoce como *productividad de factor total*. La productividad de múltiples factores se calcula combinando las unidades de entrada como se muestra a continuación:

Para ayudar al entendimiento de los resultados para esta última ecuación será necesario llevar todos los factores a una sola unidad que será moneda, s/ o \$\$.

c.2) Variables de la Productividad.

Para Heizer, Render (2009) consideran que la productividad experimenta variaciones debido a tres variables principales:

c.2.1) Trabajo.

Este respondería a que el personal tenga una formación y capacitación adecuada, una salud optima, alimentación de primera y por último mantener y potenciar sus habilidades.

c.2.2) Capital.

Las inversiones en capital proporcionan las herramientas para la mano de obra.

c.2.3) Gestión.

Viene a ser un factor de la producción y un recurso económico. Sostienen que es la responsable de que el capital y el trabajo se utilicen eficazmente para incrementar la productividad.

c.3) Procesos Productivos.

De acuerdo a Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas y Tejedor. (2002) los procesos por su función en el sistema de gestión se clásica en:

c.3.1) Procesos Estratégicos. Vinculadas a los objetivos estratégicos del negocio.

c.3.2) Procesos Operativos. Relacionados directamente a la fabricación del producto o servicio.

c.3.3) Procesos de Soporte. Apoyo a los procesos operativos.

Por otro lado, Galloway (1998) clasifica a los procesos por su alcance en:

I) Proceso Macro. Referido al proceso global del negocio.

II) Subproceso. Son los pasos de los que se compone un proceso.

III) Proceso micro. Reducido proceso compuesto por actividades detalladas.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1 Disposición de Planta.

Para Padilla (2008), la disposición de planta explica la más apropiada ubicación de los equipos, maquinarias, zona de almacenaje etc., y demás factores involucrados en la producción del producto.

2.3.2 Proceso.

Stoner, Freeman y Gilbert (1996), define como el conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que al interactuar juntas, simultánea o sucesivamente en los elementos de entrada los convierten en productos o resultados.

2.3.3 Tiempo de Producción.

GestioPolis (2003), afirma que el tiempo de producción, en administración de operaciones, es el tiempo necesario para realizar una o varias operaciones. Está compuesto por los tiempos de: espera, preparación, operación y transferencia.

2.3.4 Productividad.

Para Bain (1985), La productividad es la relación entre cierta producción y ciertos insumos.

2.3.5 Área de Ensamble.

Zona destinada al armado de piezas, accesorios o partes que conforman un spool.

2.3.6 Área de Soldadura.

Espacio destinado al soldeo de piezas metálicas armadas.

2.3.7 Área de Control de Calidad.

Zona destinada al control y verificación de los procesos de armado y soldadura.

2.3.8 Spools.

Elemento metalmecánico compuesto por tubería – brida, tubería – olet, tubería – thredolet, tubería – vic ring, que forman parte de un sistema capaz de transportar hidrocarburos etc.

2.3.9 Metodología de la Planificación Sistemática de la Distribución de Planta (System Layout Planning)

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.

Fue desarrollada por Richard Muther en 1961 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos (Muther, 1968).

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

HG: Existe una correlación e influencia dependiente de la disposición de planta en la productividad del área de spool en la empresa metalmecánica.

3.1.2 Hipótesis secundarias

HS1: Existe una correlación e influencia importante de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de ensamble de la empresa metalmecánica.

HS2: Hay correlación e influencia considerable de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de soldadura de la empresa metalmecánica.

HS3: Tiene correlación e influencia directa la disposición de planta en la productividad de spool de la sección de control de calidad (QC) de la empresa metalmecánica.

3.2. Operacionalización de variables

En las siguientes tablas 2 y 3 se muestra la Operacionalización de las variables de la presente investigación.

En ella se aprecia las variables, definición conceptual, definición operacional, dimensiones e indicadores, en donde se explica cada una de ellas descomponiendo deductivamente que tiene la finalidad de marcar el norte de la investigación.

Tabla 2. Operacionalidad de la Variable Disposición de Planta

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Disposición de planta	Es la colocación física, ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje.	Ubicar de manera estratégica los equipos y maquinarias en una planta de tal manera que el proceso se realizará en menor tiempo con calidad y seguridad.	Reglamento Nacional de Edificaciones.	(%) cumplimiento normativo
			Disposición de planta	(m) disminución de distancia de desplazamiento de materiales. (m2) Espacio utilizado adecuadamente.
			Herramientas Lean Manufacturing	(h) Reducción de tiempo de localización del producto en el proceso.
				(u) Reducción de fallas (u) Reducción de spools detenidos en proceso.

Fuente: Los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

Tabla 3. Operacionalidad de la Variable Productividad

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Productividad	Es la relación entre lo que produce una organización y los recursos requeridos para tal producción.	Es la medida de lo bien que se ha combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables.	Productividad	$\frac{\text{Ventas spools fab}}{\text{factores}} > 1.19$
			Producción	(%) incremento en la producción.
			Procesos	(h) Reducción del tiempo de proceso de fabricación.

Fuente: Los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de investigación.

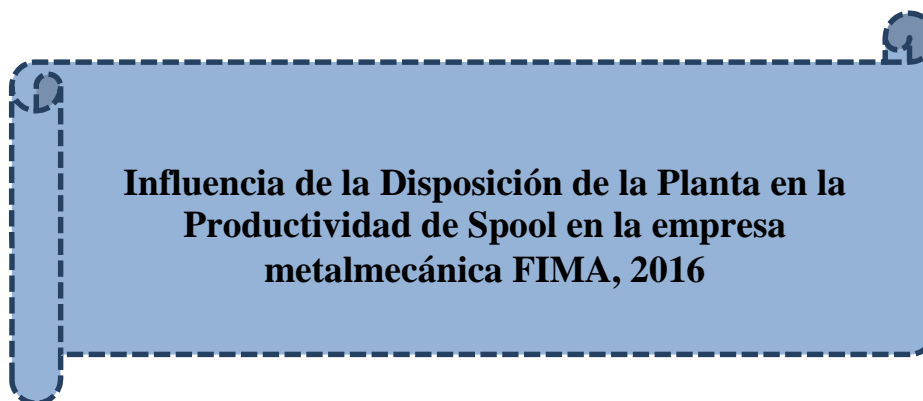
Según el alcance es Correlacional, porque buscamos conocer la relación entre estas dos variables.

Según su finalidad es aplicada, ya que como propuesta posee toda la herramienta capaz de implementarse.

4.2. Diseño de la investigación.

No – Experimental, ya que no controlamos las variables.

Figura 4. Propuesta de análisis



ANTES		➔	DESPUES	
1	Sin control		1	Con control
2	Desperdicio de espacios de la planta		2	Aprovechamiento de espacios en planta
3	Desorden de las estaciones de trabajo		3	Orden en las estaciones de trabajo
4	Sin metodo de procedimiento trabajo		4	Con metodo de procedimiento de trabajo
5	Demora en el cumplimiento de entrega		5	Reduccion de demora en la entrega.
6	Ineficiencia en la produccion		6	Eficiencia en la producción
7	Altos costos de produccion		7	Reduccion de costos de producción

Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

4.3. Material.

4.3.1. Unidad de estudio.

Son el conjunto de actividades y operaciones relacionadas al proceso de fabricación de spools en la empresa metalmecánica.

4.3.2. Población.

La población la constituye las diferentes áreas de la empresa (Mecánica, Calderería, Pintura, Spool, administración, finanzas, calidad etc.) involucradas en las operaciones de la producción.

4.3.3. Muestra.

De todas las áreas de la empresa tomamos el área de *spool* de la empresa como muestra para esta investigación.

4.4. Métodos.

4.4.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

La presente investigación se realizó con ciertas dificultades para obtener los datos necesarios para el análisis y modelamiento de la información.

Entre los indicadores más importantes obtenidos fueron:

Indicador de Productividad: 1.19

Indicador de Espacio Útil. Efectivo: 0.42

Indicador de Producción – Spools: 15 149 PD/mes

Uno de los instrumentos utilizados fueron los cuestionarios utilizados en las entrevistas a diversas personas involucradas directamente en la producción de spools.

En la siguiente tabla 3 muestra las fases de la recolección de la información, el periodo o duración del mismo, técnicas usadas, procedimientos para desarrollar y obtener los datos para el análisis que se pretende con esta investigación.

Tabla 4. *Recolección de la Información*

Recolección de la Información				
Fases de estudio	Periodo	Técnicas	Procedimientos	Instrumentos
Diagnostico situación actual	2 meses	Observacion. Apuntes de datos	Visitas a las instalaciones Entrevistas	camara foto (celular). Block apuntes
Evaluación	2 meses	Análisis critico	Seleccionar información obtenido en el area. Buscar información de la empresa.	Uso de Laptop

Fuente: Los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

Así mismo el análisis o procesamiento de la información verifica la importancia del estudio.

Tabla 5. *Procesamiento de la Información*

Procesamiento de la Información				
Fases de estudio	Periodo	Técnicas	Procedimientos	Instrumentos
Análisis de la Información	1 mes	Análisis crítico	Revisión de información. Antecedentes de la empresa. Datos de producción	Uso de Laptop
Propuesta de mejora	1mes	Análisis comparativo	Selección de datos relevantes. Elaborar tablas comparativas.	Uso de laptop
Conclusiones y recomendaciones	1 semana	Uso de criterio prospectivo	Integrar los resultados	Uso de Laptop

Fuente: Los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 5 muestra las fases del procesamiento de la información, así como la duración, las técnicas usadas para el mismo tratando de extraer los datos relevantes en la investigación.

4.4.2. Procedimientos

Es necesario señalar la secuencia de actividades que se utilizó para desarrollar este estudio.

a) Visitas a las instalaciones

La ventaja de prestar servicio en el lugar de uno de los analistas, facilitó esta actividad, en la cual se observó el proceso de fabricación minuciosamente, tomando tiempos etc.

b) Encuesta.

Se preparó un cuestionario para desarrollar la encuesta de manera informal ya que consideramos, que los resultados serían más espontáneos, de tal manera que el personal encuestado no notaría.

c) Seleccionar la información obtenida en el área

En esta parte se filtró informaciones que no eran relevantes para el estudio, señalando las que sí podrían aportar valor al análisis.

d) Buscar información de la empresa

Muchas veces las empresas son muy reservados con cierta información, lo cual es normal, debido a ello se buscó información en medios electrónicos como páginas web, estudio realizados anteriormente, antecedentes de la empresa etc.

e) Modelamiento

Para esta etapa se utilizó System Planning Layout (SLP) el cual considera varios criterios para ubicar los equipos y estaciones de trabajo asumiendo el nivel de importancia de su interacción entre ellos.

f) Elaboración de tablas comparativas

Los resultados obtenidos se comparan con los actuales para considerar en el análisis y la viabilidad técnica y económica de los mismos.

g) Integrar los resultados

Es una sección propia de las conclusiones y recomendaciones que el analista realiza a cerca del proyecto, así como consideraciones que no se haya tomado en cuenta etc.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1 La Organización.

La organización donde se desarrolla esta investigación “es una empresa industrial metalmeccánica, líder en el mercado peruano que inició sus operaciones en 1969 y se dedica al desarrollo de ingeniería especializada, fabricación, montaje y puesta en marcha de equipos y componentes metálicos para los siguientes sectores productivos: Minería, Energía, Gas y Petróleo, Hidrocarburos, Pesca, Agroindustria, Metalurgia, Construcción, entre otros”. Esta organización en estudio pertenece al sector de la metalmeccánica y el giro del negocio según la clasificación por código CIIU es 2919. La actividad comercial que desarrolla es el de fabricación de diferentes tipos de maquinarias de uso general. (FIMA, 2013)

Las ventas de la empresa metalmeccánica de los últimos años lo han posicionado como uno de los más importantes del sector metalmeccánico.

Figura 5. Ventas de FIMA

Ventas (\$000)		
Año	Ventas	Ventas spool
2002	↓ \$10,264.00	\$ 6,158.40
2003	↓ \$12,561.00	\$ 7,536.60
2004	↓ \$18,940.00	\$ 11,364.00
2005	→ \$24,940.00	\$ 14,964.00
2006	↑ \$33,482.00	\$ 20,089.20
2007	→ \$24,567.00	\$ 14,740.20
2008	→ \$27,933.00	\$ 16,759.80
2009	↑ \$39,127.00	\$ 23,476.20
2010	↓ \$19,632.00	\$ 11,779.20
2011	↑ \$28,080.00	\$ 16,848.00
2012	→ \$24,500.00	\$ 14,700.00
2013	↑ \$30,200.00	\$ 18,120.00
2014	↑ \$35,200.00	\$ 21,120.00
2015	↑ \$33,800.00	\$ 20,280.00

Fuente: Latin Pacific Capital (2011)

Elaboración: Los investigadores.

La figura 5 muestra las ventas de la empresa al 2010 en el que se aprecia una baja sustancial.

La alta dirección se organiza de la siguiente manera.

Figura 6. Organigrama de la Empresa



Fuente: Latin Pacific Capital (2011)

Elaboración: Los investigadores.

5.1.1 Filosofía.

a) Misión.

Producir y suministrar equipos mecánicos, componentes y servicios complementarios para diferentes sectores productivos, ofreciéndoles soluciones tecnológicas integrales y relaciones de largo plazo.

Generamos rentabilidad, confianza y desarrollo para nuestros clientes, socios estratégicos, trabajadores y accionistas. FIMA, (2014)

b) Visión.

Ser una empresa comprometida con el progreso social, con presencia activa y liderazgo mundial y que convierte los sueños de sus clientes en realidad. FIMA, (2014)

b) Política de Calidad.

En FIMA solucionamos las necesidades de nuestros clientes integrando diseño, manufactura, servicios logísticos y complementarios para el suministro de sistemas, fabricación de máquinas, equipos, componentes para diferentes sectores productivos, en forma profesional, segura, eficiente y oportuna, orientándonos siempre a la mejora continua. Nuestros productos y servicios están orientados al desarrollo de nuestros clientes, socios estratégicos, trabajadores y accionistas. FIMA (2014)

c) Política de Seguridad y Salud ocupacional.

Comprometida en mantener y mejorar el bienestar y seguridad de todos los trabajadores, reto que logra a través de normas claras, capacitaciones continuas y un comité de seguridad conformado por funcionarios y colaboradores de diferentes niveles jerárquicos que se reúnen semanalmente para revisar los indicadores, buscar puntos de mejora y minimizar los riesgos en todas las áreas de trabajo. FIMA (2014)

5.1.2 Principales Interesados de la Organización.

Los principales grupos de interesados en el comercio de la organización las describimos de la siguiente manera.

a) Clientes.

Los clientes de la organización se encuentran en varios sectores como minero, industrial, hidrocarburos, petróleo etc. La tabla que a continuación muestra a los principales clientes de la organización.

Tabla 6. *Principales Clientes*

Empresa	Sector
METSO PERU S.A.	Minería
Banco de Crédito del Perú	Industria
Compañía Minera Antamina S.A.	Minería
JJC-SCHRADER CAMARGO S.A.C.	Proyecto EPC
Foster Wheller North American INC.	Sub Contrata
METSO Minerals Industries INC.	Sub Contrata
ESMETAL S.A.C. Minería	Minería
Corporación Pesquera Inca S.A.C. (COPEINCA S.A.C.)	Industria
Pesquera Hayduck S.A.	Industria

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	Minería
Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A.	Industria
Banco Internacional del Perú-Pesca	Industria
Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A.	Minería
METSO Perú S.A.	Minería
Compañía Minera Ares S.A.C.	Minería
JJC-SCHRADER CAMARGO S.A.C.	Proyecto EPC
Pueblo Viejo Dominicana CORPOR	Proyecto EPC
G Y M S.A.	Minería
Consorcio Proyecto Chiquitanta	Proyecto EPC
METSO Minerals Industries INC.	Sub Contrata
Compañía Minera Miski Mayo S.A	Minería
METSO Minerals Canada INC.	Sub Contrata
OUTOTEC (PERU) S.A.C.	Minería
Foster Wheeler North America CORP.	Sub Contrata

Fuente: Información proporcionada por la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

b) Proveedores.

Los proveedores que forman parte de la cadena de suministros de la institución son empresas de comercio extranjero, la materia prima se importa de China, Brasil, Rusia, EEUU, Malasia, Japón, entre otros. Al 2014 más de 30% de los materiales para el proceso son de importación directa. Por otro lado también posee proveedores que realizan los servicios de ensayos no destructivos y vulcanizados, entre otros.

c) Socios Estratégicos.

Desde hace varias décadas la empresa en estudio trabaja con empresas de ingeniería tales como Bechtel, Kilborn, Simons, SNC, Lavalin, Flúor Daniel, Hatch, Parsons y Traders, entre las japonesas tenemos: Nisho Iwai, Mitsui, Hitachi, etc.

d) Trabajadores.

La organización cuenta con un grupo selecto de colaboradores quienes desarrollan la más óptima gestión y control en los diferentes procesos productivos de la organización, así mismo el talento humano de la parte operativa

está altamente calificado lo cual permite desarrollar las actividades con la más alta calidad y eficacia.

e) Instituciones Gubernamentales.

e.1) El Instituto de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad (INDECOPI), encargada de prestar servicio de calibración de los equipos e instrumentos.

e.2) La organización se encuentra afiliada a la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), institución dedicada a fomentar el desarrollo y protección de las empresas manufactureras del medio.

e.3) El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, ente encargada de velar por el cumplimiento de las leyes laborales.

f) Empresas Competidoras.

Entre las empresas más importantes que compiten con la organización en estudio tenemos a: FIANSA, IMECON, Haug, Técnicas Metálicas; las cuales por la magnitud de sus plantas y el rubro de sus actividades al cual se dedican significan un grupo considerable que compete en el mercado metalmecánico.

5.1.3 Infraestructura.

a) Ubicación.

La empresa se encuentra ubicado en la Av. Víctor Andrés Belaunde N°852, Carmen de la Legua, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima; Con una extensión aproximada de 40,000 m² en su sede principal.

Figura 7. Mapa de Ubicación



Fuente: Google map.

Elaboración: Los investigadores

b) Maquinarias.

Las maquinarias y equipos de spool señalamos en el siguiente cuadro, de manera general, su modelo y cantidad.

Tabla 7. *Máquinas de Spool*

Maquinarias - Spool			
Ítem	Descripción	Modelo	Cantidad
1	Máquina de computo	HP	8
2	Máquina de soldar multiproceso	STT 455M	10
3	Máquina de soldar	Invertec v350 mc	12
4	Maquina soldar/ arco sumergido	DC-600	4
5	Manipulador (Arco sumergido)	LQM 1.8m x 1.8m	5
6	Maquina soldar	PowerTec 255C	8
7	Platos Posicionador de 36"	SHB12	
8	Polines Posicionador Rotadores	SHB6	12
9	Bomba hidráulica portátil	Per - 5405G	2
10	Soporte	Max Jack	40
11	Soporte	Pro- Roll	74
12	Soporte	Pro - Jack	56
13	Rotadores de 2 Ton	Tecmix 25R	3
14	Rotadores de 10 Ton	Tecmix 25R	3
15	Kit de herramientas manuales	Stanley	
16	Pluma de Izaje	Fabricación Fima	10
17	Montacargas		1
18	Puente grúa		2

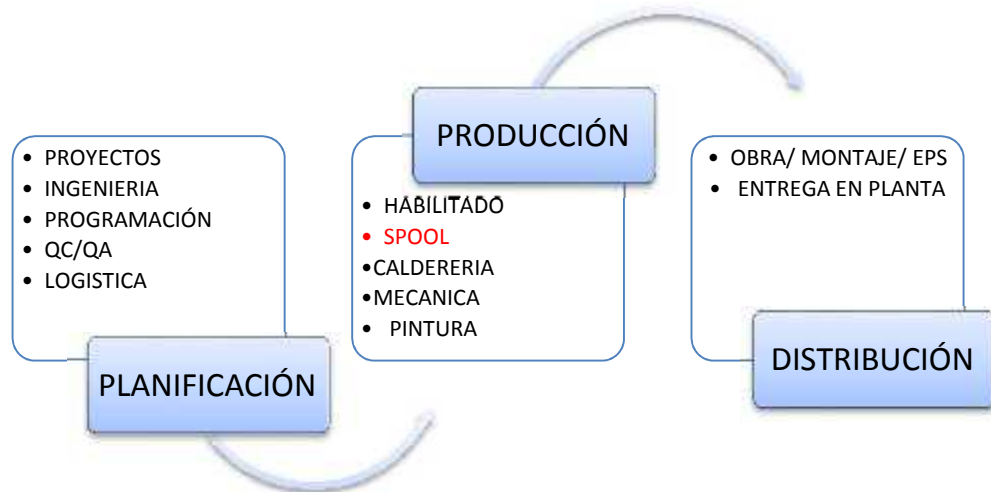
Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

5.1.4 Etapas Productivas de la Empresa.

La empresa posee varias etapas productivas como se muestra en la figura 7 desarrollando así un sistema productivo de servicios a fin de satisfacer las expectativas de demanda de los clientes. Desde el requerimiento del pedido de alguna maquinaria o la firma del acta de inicio de cualquier proyecto, la planificación, la elaboración, ejecución o fabricación; seguido por la distribución o la entrega del producto terminado al cliente final.

Figura 8. Etapas productivas de la Empresa.



Fuente: La Empresa FIMA.

Elaboración: Los investigadores.

a) Planificación.

a.1) Proyectos.

En esta etapa se recibe los requerimientos del cliente sobre nuevos trabajos a realizar, esta área levanta la información a groso modo sobre los diferentes trabajos, presentando la línea base del proyecto, para la aceptación del cliente o participar de alguna licitación a concursar. Cuando el proyecto está adjudicado entonces inicia la planeación del mismo.

a.2) Ingeniería.

Aquí se elabora los planos de ingeniería básica y de detalle según especificaciones del cliente, considerando las normas y tolerancia indicadas en el proyecto.

a.3) Planeamiento.

Es labor de esta área hacer las coordinaciones y sincronización de los recursos materiales necesarios para la carga productiva según cronograma de producción

que se elabora y esta se cumpla de manera efectiva, cuidando alguna desviación que hubiera en el tiempo, así como balanceando la carga de trabajo.

a.4) Logística.

Propiamente dicho es la encargada de las adquisiciones de los materiales así como asegurar la evaluación de los mejores costos del mercado, buena calidad y por otro lado compromete al proveedor la disponibilidad de los insumos en el tiempo requerido.

Debe encargarse además de las operaciones logísticas dentro de la planta, en el flujo de materiales, accesorios, y otros componentes que se requieran; y finalmente monitorea la distribución del producto terminado de acuerdo al cliente y destino que vaya ser enviado los spools en caso sean para obras de montaje, o de lo contrario entregar al cliente en planta.

a.5) Control de Calidad (QC)

Es necesario saber qué control de calidad está desde el inicio del proceso, es decir desde la adquisición del producto, revisando si los materiales corresponden a los requeridos del proyecto y están bajo las normas estipulados en las bases del acuerdo cliente-empresa.

a.6) Recursos Humanos.

Área encargada de administrar el talento humano de la organización. Actualmente la empresa administra sus recursos humanos de manera mixta, las área administrativas (finanzas, calidad, Ingeniería) directamente y la parte operativa de la producción esta tercerizado con la empresa Obiettivo lavoro, H.V, JJ, Marinsa etc.

b) Producción.

b.1) Habilitado.

Existe una planta específica para el habilitado de los materiales que se encuentra en la calle pacifico, a unas cuantas cuadras de la planta principal. Desde este lugar se alimenta a todas las áreas con los materiales listos para su armado y procesamiento. Esta es la primera etapa de la producción donde se corta vigas, planchas, perfiles, tuberías y barras macizas. Cuenta con un número determinado de maquinarias para la función.

Esta sección de la producción ejecuta los cortes, perforado, biselado, doblado de planchas, tubos etc. de tuberías, piezas y otros accesorios los cuales alimenta a las áreas de Calderería, Mecánica, Spool y Pintura, etc.

b.2) Maestranza o Mecánica.

En esta área se fabrican innumerables accesorios como bridas, bocinas, ejes, así como procesos de perforación, torneado, fresado, pulido, mandrilado, cepillado, etc.

b.3) Calderería.

En esta sección de la empresa se fabrica tanques, espesadores, celdas de flotación, zarandas, estructuras lineales, etc. Sin embargo se realiza también la fabricación de spool. En esta área se realiza el rolado de planchas, plegado. Es aquí donde trabajan los contratistas como Marinsa, JJ, Fajardo. Junto con el personal de Obiettivo Lavoro, empresa que terceriza el personal operativo para FIMA.

b.4) Spool.

Este es el área de estudio que cuenta aproximadamente con 2 340 m², aquí el material que llega de habilitado como: tubería cortada a medida, soportes, y demás accesorios de almacén son ensambladas para obtener el producto final, *el spool*.

b.5) Pintura.

Es la última parte del proceso productivo, esta etapa recibe productos de las áreas de habilitado, mecánica, calderería y spool donde se procesa el producto con operaciones de granallado y pintura. En esta área muchas veces se identifican fallas del proceso anterior motivo por el cual es regresado para su reproceso.

c) Distribución.

c.1) Entrega en Obra.

El producto terminado es embalado con las protecciones y forros necesarios para evitar daños durante el transporte, este envío de productos de las diferentes áreas como calderería, mecánica o spool tienen como destino alguna obra el cual esperan para su montaje de un proyecto parcial, así como otras obras de

proyectos integrales en donde al cliente se le hace la entrega de la obra en la modalidad EPC (llave en mano).

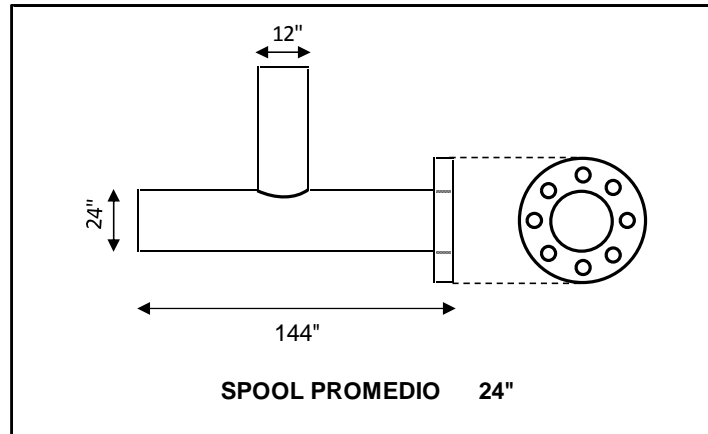
c.2) Entrega en Planta.

Otro caso de entrega final del producto terminado se da cuando el cliente recoge el spool en planta, por lo general no sucede esto ya que los spools necesitan ser puestos y montados en obra. Este caso más se ajusta en la fabricación de maquinarias para la industria que no tienen mucha complejidad para su anclaje y personal de mantenimiento del cliente lo puede realizar. Otro escenario se da cuando la fabricación de spool es para algún cliente quienes ya tienen a su cargo el montaje de la obra.

5.1.5 Proceso de Producción del Área de Spool.

Todo el proceso de fabricación de un spool consiste en recibir la orden de compra del cliente o la firma del acta de inicio del proyecto, luego esto pasa por las áreas de proyectos, ingeniería quienes le dan forma al nuevo proyecto definiendo el alcance y características específicas que deberá tener en la fabricación, paralelamente logística y recursos humanos encargados de consolidar los recursos necesarios para emprender y desarrollar el proyecto x. una vez definido lo anterior ingeniería entrega los planos con detalle o work order (WO), que es entregado a los supervisores por ingeniería, ellos a su vez distribuyen las WO a los técnicos de la sección de ensamble de spools, cuando poseen ya todas las partes completas inician el preparado de tubos para posteriormente a ensamblar el spool. Seguidamente los maniobristas son los encargados de llevar a la sección de soldadura donde pasan por procesos descritos en la tabla 9, después de terminar de soldar ciertas juntas, si el spool tiene accesorios adicionales algunas veces regresa por los maniobristas a la sección de ensamble para adicionarle accesorios, una vez concluido con el ensamble nuevamente es trasladado a soldadura para el proceso final. Después es llevado al área de Control de calidad (QC), aquí se verifica el control dimensional, tintes penetrantes, rayos x, prueba hidrostática (PH) etc., para luego ser enviado al área de pintura.

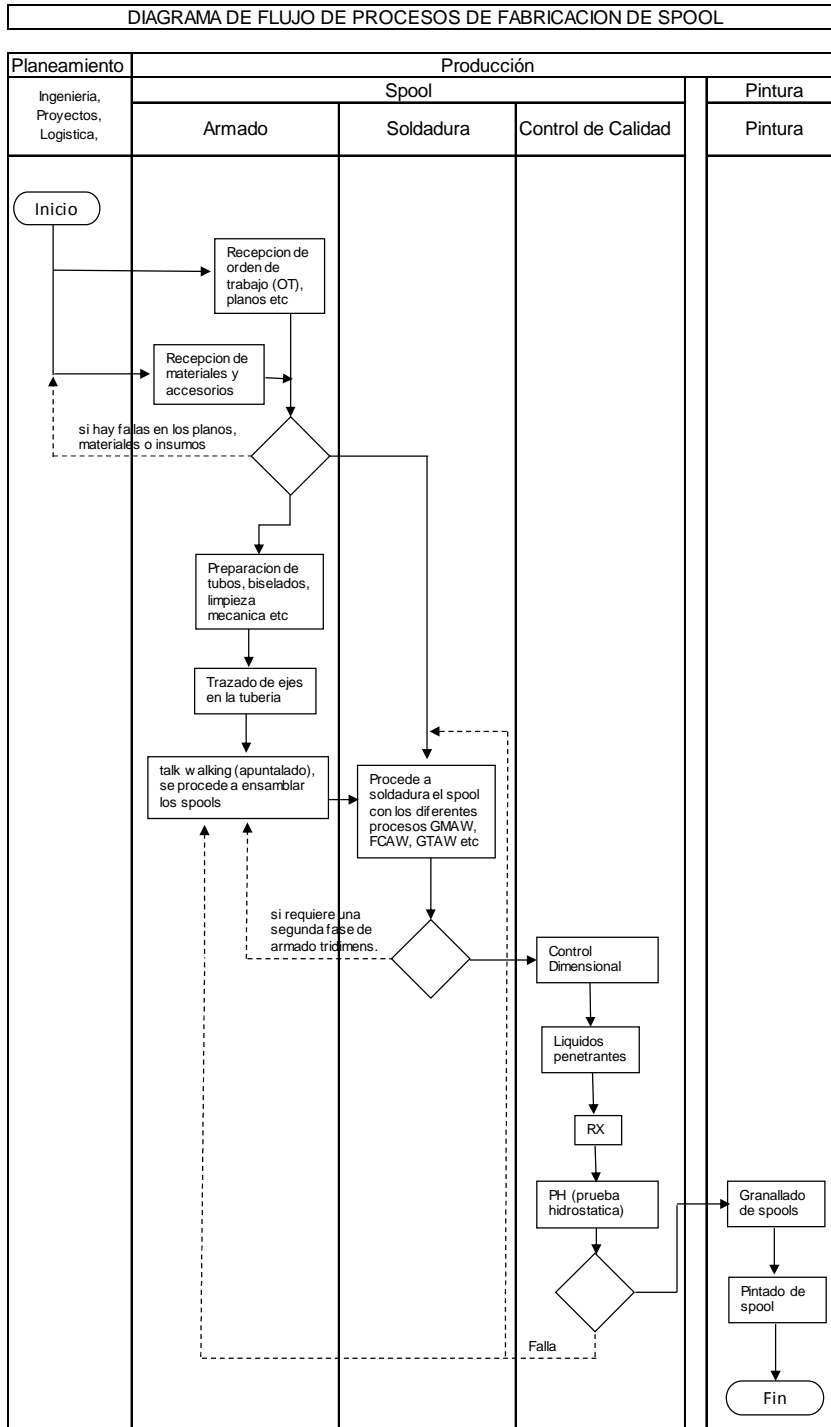
Figura 9: Spool Promedio.



Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 10. Diagrama de Flujo de Procesos



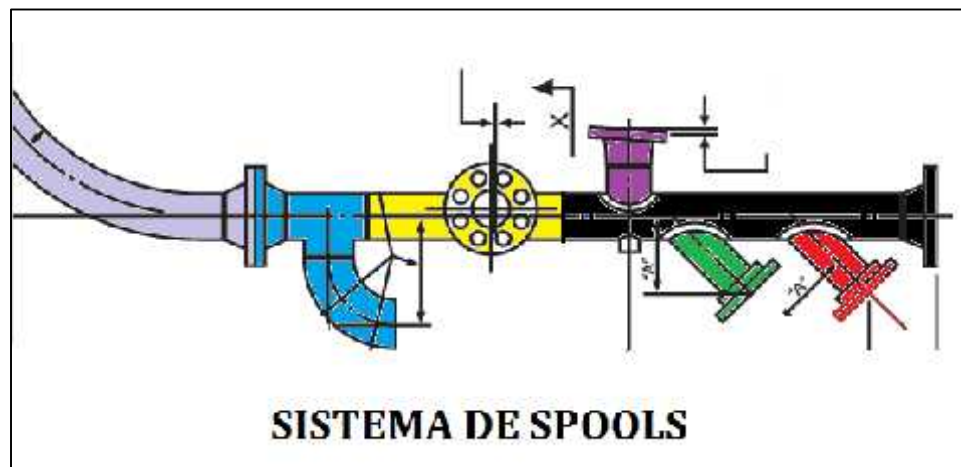
Fuente: Elaborado por los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

Como vemos en la figura 10 la ruta que sigue el proceso productivo del *spool*; todo requerimiento de algún cliente empieza por planificación, la producción y finalmente la distribución o entrega al cliente.

Para esta investigación se ha escogido este producto, el *spool*, ya que ha tenido mayor demanda en los últimos proyectos, alcanzando el 60% de las actividades de la empresa, información dada por el personal de proyectos de la empresa. El *spool* es una pieza metálica, o un carrete conformada por diversos accesorios como pueden ser tubo-codo, tubo-brida, tubo-tubo, tubo-olets, tubo – vic ring, tubo-thredolet, entre las principales. Estas piezas al unirse todas forman o dan lugar a un sistema de tuberías que son usados en la industria para transportar líquidos o material sólido o gaseoso a gran escala en plantas industriales como pesqueras, mineras, gasoductos, refinerías, cerveceras etc.

Figura 11. Sistema de Spools



Fuente: Adaptado de Sistema de Cañería en Acero

Elaboración: Los investigadores.

Como vemos en la figura 11 un tramo de tuberías conformado por varios *spools* indicadas por colores, es la manera como quedan en el proceso de montaje. Todos los componentes de los *spools* se encuentran normalizados bajo la ANSI (American National Standards Institute), ASME (American Society of Mechanical Engineers) y ASTM (American Standards and testing Materials). Cada elemento que conforman estos *spools* cuentan con nomenclatura de normas como vemos en cuadro siguiente:

Tabla 8. *Normas de Calidad*

NOMENCLATURA-NORMAS	
TUBOS	Norma ASTM A53 (NTC-3470)
BRIDAS	Normas ANSI b 16.47 estándar (1/2"-24") y especiales de (26" - 36")
CODOS	Norma ASME B 16.9

Fuente: Área de Calidad de la Empresa

Elaboración: Los investigadores.

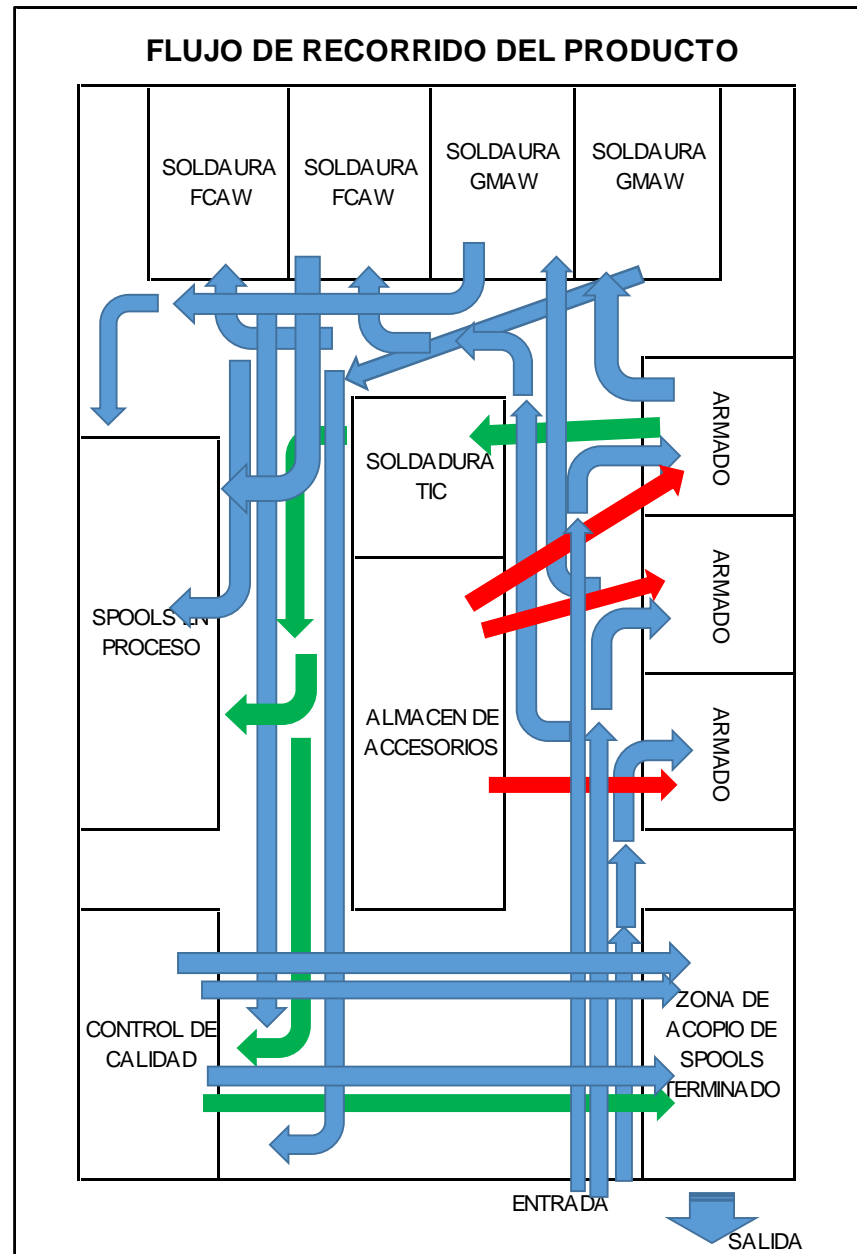
a) Habilitado.

Este proceso se desarrolla en una planta ubicada en el jirón pacifico 271, callao a 6 cuadras de la planta principal. En este proceso inicial se cortan los tubos a medida según el plano, también se biselan los tubos según detalle del plano. Todos los materiales habilitados como tubos cortados, soportes, platinas cortadas etc., se transporta en camiones hasta la entrada del área de spool. Los demás accesorios como bridas, olets, trhedolets, Vic-ring, son adquiridos en el almacén.

b) Ensamble y Soldadura (Área Spool)

En este proceso los materiales que llegaron del área de habilitado, accesorios de almacén y piezas de mecánica se ensamblan mediante procedimientos de ensamble. Para este proceso el área de spool cuenta con 4 estaciones de ensamble, 1 estación de soldadura Tic (GTAW), 2 estaciones de soldadura Gmaw y 2 estaciones de soldadura FCAW. Como se muestra en la siguiente figura, en el cual se puede apreciar la distribución de las estaciones de trabajo actual como se viene desarrollando. El desplazamiento que hace el producto es extenso motivo por el cual el análisis que se realiza mostrara la falta de criterio de distribución en el área destinado al proceso de este producto.

Figura 12. Flujo de recorrido del producto



Fuente: Elaborado por los Investigadores

Elaboración: Los investigadores.

El material habilitado al llegar al área de spool inicia su proceso de armado y soldeo en el siguiente orden:

- b.1) Ensamble. Los técnicos caldereros que están en la sección de ensamble ya teniendo la work order (WO), con los planos del spool a fabricar, reciben los tubos habilitado, junto con los componentes y accesorios que llevarán (bridas, olets,

thredolet), los técnicos ensamblan el spool. El spool puede tener variadas formas, aunque al final siempre tendrá que formar parte de un sistema tridimensional, en su proceso tendrá la forma lineal como un armado donde los componentes sean tubo-brida, tubo-Vic ring, tubo-tubo, y también tubo-codo (para diámetros menores a 18"), pero también tendrán formas tridimensionales en el armado de tubo-olets, tubo-thredolet, tubo-intersección (T, Y). Estas dos formas se diferencian por el proceso de soldeo a que serán sometidos.

Figura 13. Spool armado.



Fuente: FIMA / Elaborado por los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 14. Accesorios inoxidables



Fuente: FIMA (2010)

Elaboración: Los investigadores.

b.2) Soldadura, en esta sección se desarrollan procesos de soldadura tic, GMAW y también arco sumergido. Se desarrollan dos operaciones: Pase raíz, Pase acabado (ver tabla 9) Los proceso desarrollados son la soldadura rotada, hecha con apoyo de accesorios para rotar el tubo (Plato rotador; polines rotadores), con estos accesorios se procede a soldar los spools que tienen forma lineal, luego de terminar el proceso de soldadura pasara a la sección de control de calidad; y otras regresaran a la sección de armado para colocarse algún componente de manera tridimensional, para luego regresar nuevamente a soldadura para su respectivo proceso y seguidamente proseguir a la sección de control de calidad. Algunos spools necesitaran que el proceso de soldadura sea GTAW, entonces pasara a la estación de soldadura TIG y luego de ello pasara a control de calidad. Los spools que tuvieran fallas de ingeniería, o le falta algún componente y estuviera a la espera son puestos en la sección de “spool en proceso”.

Tabla 9. *Diámetro de Tubos*

Diametros de Tubos				
		Ø 2 - 3	Ø 4 - 6	Ø 7 - 60
Soldadura	Pase Raiz	Tig	Gmaw	Gmaw
	Pase Acabado			Saw
				Gmaw

Fuente: Información de Área de Control de calidad.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 15. Proceso de soldadura GTAW.



Fuente: Empresa OCTOPUS (2014)

Elaboración: Los investigadores.

Figura 16. Proceso de soldadura FCAW.



Fuente: FIMA / Elaborado por los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 17. Proceso de Soldadura de Arco sumergido.



Fuente: FIMA / Elaborado por los Investigadores

Elaboración: Los investigadores.

C) Control de calidad.

En esta sección los spools pasan por una revisión dimensional, según los detalles de los planos, así como la soldadura son evaluados con ensayos no destructivos como: tintes penetrantes, placas radiográficas, ultrasonido etc. Otra de las pruebas que se realiza al spool es PH (prueba hidrostática). Una vez que el spool

haya pasado por todas estas pruebas es llevado al área de acopio de producto terminado a la espera del siguiente proceso de Pintura.

Figura 18. Inspección de material de spool.



Fuente: Elaborado por los Investigadores

Elaboración: Los investigadores.

d) Pintura.

Después que control de calidad libera de las pruebas a los spools, estos son llevados por los maniobristas al área de pintura. Ya en esta área los spools son sometidos a una operación de granallado. Una mano de pintura base es sometido los spools los cuales deben tener un tiempo prudencial para su secado. Luego de pasar por el periodo de secado al aire libre se finaliza con la aplicación del acabado con la pintura Amerlock 400.

Cuando la pintura del acabado haya secado completamente es sometido una prueba final de control de calidad, de espesor de la pintura y otros parámetros definidos en el dossier de calidad.

Figura 19. Proceso de granallado



Fuente: FIMA

Elaboración: Los investigadores

Figura 20. Spools Pintados.



Fuente: FIMA

Elaboración: Los investigadores.

5.2 Identificación del Problema

El área de spool no es una excepción de pasar por la dificultad de baja productividad en el proceso de fabricación, debido a una falta de atención a la disposición de planta esto ocurre con todas las plantas metalmecánicas, la desorganización de los espacios de la planta ya sea por la variedad de productos que fabrican o por el peso que esto demanda su desplazamiento. Muy pocas veces se le toma importancia al tema de distribución de planta como impacto en la productividad de las empresas

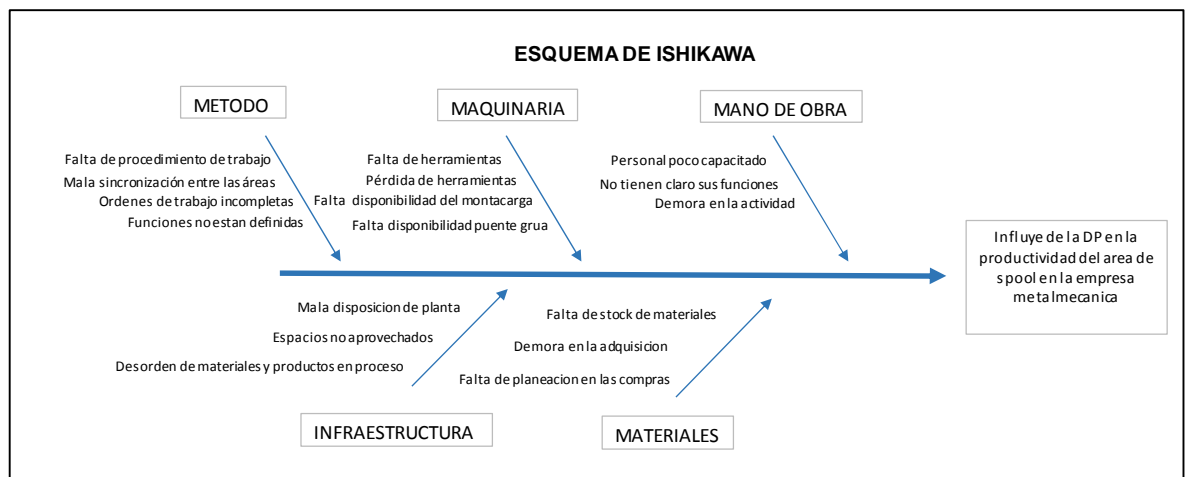
metalmecánicas, sin embargo, es uno de los primeros factores que debiera ser analizado.

Para el estudio se ha utilizado una herramienta que nos permitirá identificar las causas y sus efectos del problema.

5.2.1 Diagrama de Causa y Efecto.

Para identificar y determinar las causas que ocasionan el problema hemos elaborado un diagrama de causa y efecto también conocido como diagrama de Ishikawa.

Figura 21. Esquema de Ishikawa.



Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

5.2.2 Priorización de causas a eliminar.

Una vez obtenido las causas y efectos del problema, priorizamos las más importantes gracias a una encuesta realizada al personal operativo del área.

a) Encuesta.

Consideramos que los más experimentados en participar de esta encuesta son las personas que están muy directamente relacionadas con el proceso como:

SA: Supervisor de Armado

SS: Supervisor de Soldadura.

SCC: Supervisor de Control Calidad.

SH: Supervisor de Habilitado.

SAL: Supervisor de Almacén.

SP: Supervisor de Pintura.

TC: Técnico Calderero.

TS: Técnico Soldador.

OF: Oficial.

OPG: Operador de Puente Grúa.

OM: Operador de Montacargas.

Se realiza una matriz de confrontación con los participantes de la encuesta para determinar la importancia de sus respuestas que se aprecia en la tabla 9.

Tabla 10. *Matriz de Confrontación de Factores.*

	SA	SS	SCC	SH	SAL	SP	TC	TS	OF	OPG	OM	PESOS	
SA		1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8	16%
SS	0		0	1	1	0	1	1	1	1	1	7	14%
SCC	1	1		1	0	1	1	1	1	1	1	9	18%
SH	0	0	0		1	0	1	1	1	1	1	6	12%
SAL	0	0	0	0		1	1	1	1	0	1	5	10%
SP	0	0	0	1	0		0	0	1	1	1	4	8%
TC	0	0	0	0	0	0		0	1	1	1	3	6%
TS	0	0	0	0	0	0	1		1	1	1	4	8%
OF	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	1	2%
OPG	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	1	2%
OM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		2	4%
												50	100%

Fuente: Los Investigadores

Elaboración: Los investigadores.

A partir de estos pesos de influencia que tiene cada participante se les pide responder una encuesta a cerca de las diferentes causas mencionadas en el diagrama de causa y efecto, de 5 grupos que involucran el proceso productivo como método, infraestructura, materiales, herramientas, y personal.

Cabe señalar que la encuesta se realiza de manera informal, ya que es muy difícil consensuar un permiso para realizar dicho análisis. Sin embargo, consideramos

que es mejor para extraer la espontaneidad y sinceridad de las personas encuestadas. Las respuestas a las preguntas han sido evaluadas con el siguiente valor de influencia en la productividad.

1 = Muy Poco

3 = Regular.

5 = Bueno

En la Tabla 11 observamos los grupos de puntos desarrollados en la encuesta junto a la operación de las respuestas con los pesos determinados obtenemos un valor de ponderación.

Tabla 11. *Ponderación de Encuesta en base a las Principales causas del Problema.*

Principales Causas del Problema		SA	SS	SCC	SH	SAL	SP	TC	TS	OF	OPG	OM	valor de ponderación
		16%	14%	18%	12%	10%	8%	6%	8%	2%	2%	4%	
1	METODO												7.56
1.1	Falta de procedimiento de trabajo	1	1	3	1	1	1	3	1	5	3	3	1.68
1.2	mala sincronización entre las áreas	3	1	1	1	3	1	5	3	5	3	3	2.12
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	1	1	1	3	1	1	5	5	3	1	5	2.00
1.4	Funciones no están bien definidas	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1.76
2	INFRAESTRUCTURA												14.16
2.1	Mala disposición de planta	3	5	3	3	1	3	5	3	5	3	5	3.32
2.2	No hubo un estudio de disposición de planta	3	5	3	3	3	3	5	3	5	1	3	3.40
2.3	Espacios no aprovechados	5	3	5	3	3	5	3	3	5	5	5	4.00
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	5	3	3	1	5	3	3	3	5	5	5	3.44
3	MATERIALES												4.88
3.1	Falta de stock de materiales	3	3	1	3	3	3	1	1	1	1	1	2.20
3.2	Demora en la adquisición	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1.68
3.3	Falta de planeación en las compras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
4	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS												7.96
4.1	Falta de herramientas	3	1	1	1	1	1	5	5	5	1	1	1.96
4.2	Perdida de herramientas	3	1	1	1	1	1	3	5	3	1	1	1.80
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	3	3	1	1	1	1	5	3	3	1	3	2.12
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	3	3	1	1	1	1	5	3	3	3	1	2.08
5	PERSONAL												7.60
5.1	Personal poco capacitado	1	1	3	1	1	1	1	3	3	3	3	1.68
5.2	No saben sus funciones	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1.16

5.3	Demora en una actividad	5	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	3.72
5.4	Falta evaluar al personal	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	2.40

Fuente: Información obtenida en la empresa

Elaboración: Los investigadores.

Como vemos en la tabla 11 el mayor valor ponderado de los factores que influye en el problema es Infraestructura con 14.16, el cual comprende temas de mala disposición de planta, criterio de diseño de DP, espacios no aprovechados, desorden en la planta.

a) Principales causas del Problema General.

De los puntajes ponderados que resultaron de la encuesta realizada se agrupa a los más principales de cada grupo que tienen mayor valor de ponderación.

Tabla 12. *Causas Principales del problema*

ítem	CAUSAS PRINCIPALES DEL PROBLEMA	valor
1.2	mala sincronización entre las áreas	2.12
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	2.00
2.1	Mala disposición de planta	3.32
2.2	No hubo un estudio de disposición de planta	3.40
2.3	Espacios no aprovechados	4.00
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	3.44
3.1	Falta de stock de materiales	2.20
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	2.12
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	2.08
5.3	Demora en una actividad	2.36
5.4	Falta evaluar al personal	2.40

Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Los investigadores.

A partir de estos datos de la tabla 12 donde las causas principales del problema general nos permiten elaborar un ranking para poder determinar gráficamente.

Figura 22: Principales Causas del Problema.



Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores

De la figura establecemos que las causas principales del problema relacionadas con la disposición de planta son:

- a) Espacios no aprovechados.
- b) Desorden de materiales y productos en proceso.
- c) Falta de estudio de disposición de planta.
- d) Mala disposición de planta.**
- e) Demora en la actividad.

Estas causas son las que debemos priorizar, así como monitoreando los demás para mitigar con determinadas herramientas que detallamos más adelante.

5.2.3 Disposición de Planta Actual.

El espacio disponible en el área de spool es de 2 340 m²., de ello es utilizado para trabajo efectivo solo 993.63 m² (46%) y la diferencia 1 346.37 m² está mal utilizada. Esto prueba la causa a), b), c), d), los cuales tienen una relación con la disposición de planta, así pues, los materiales y el producto en proceso son sometidos a desplazamientos muchas veces innecesarios, eso versus costos por desplazamiento delatan la falta de análisis. Todo esto genera congestión en el flujo productivo y mal uso de los espacios disponibles como se puede evidenciar con la existencia de la zona de acopio de pintura, así como la zona de spools en proceso que no debe existir. La tabla 9 muestra el resumen de los espacios utilizados en la planta, de cada uno de las estaciones de trabajo.

Tabla 13. *Situación de Disposición de Planta.*

Situación de disposición de planta actual			
Ubicación	Área (m ²)		
	Disponible	Utilizada	Mal utilizada
spool	2340	993.63	1346.37
%	100%	42%	58%

Fuente: Mediciones en la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 13 nos indica que solo el 42% del espacio disponible es utilizada en la planta, y el 58% está siendo mal utilizada, esta diferencia lo podemos apreciar en la figura 23. Las áreas de las secciones de ensamble, soldadura y QC se detallan en el anexo n° 2.

Figura 23: Disposición de planta actual

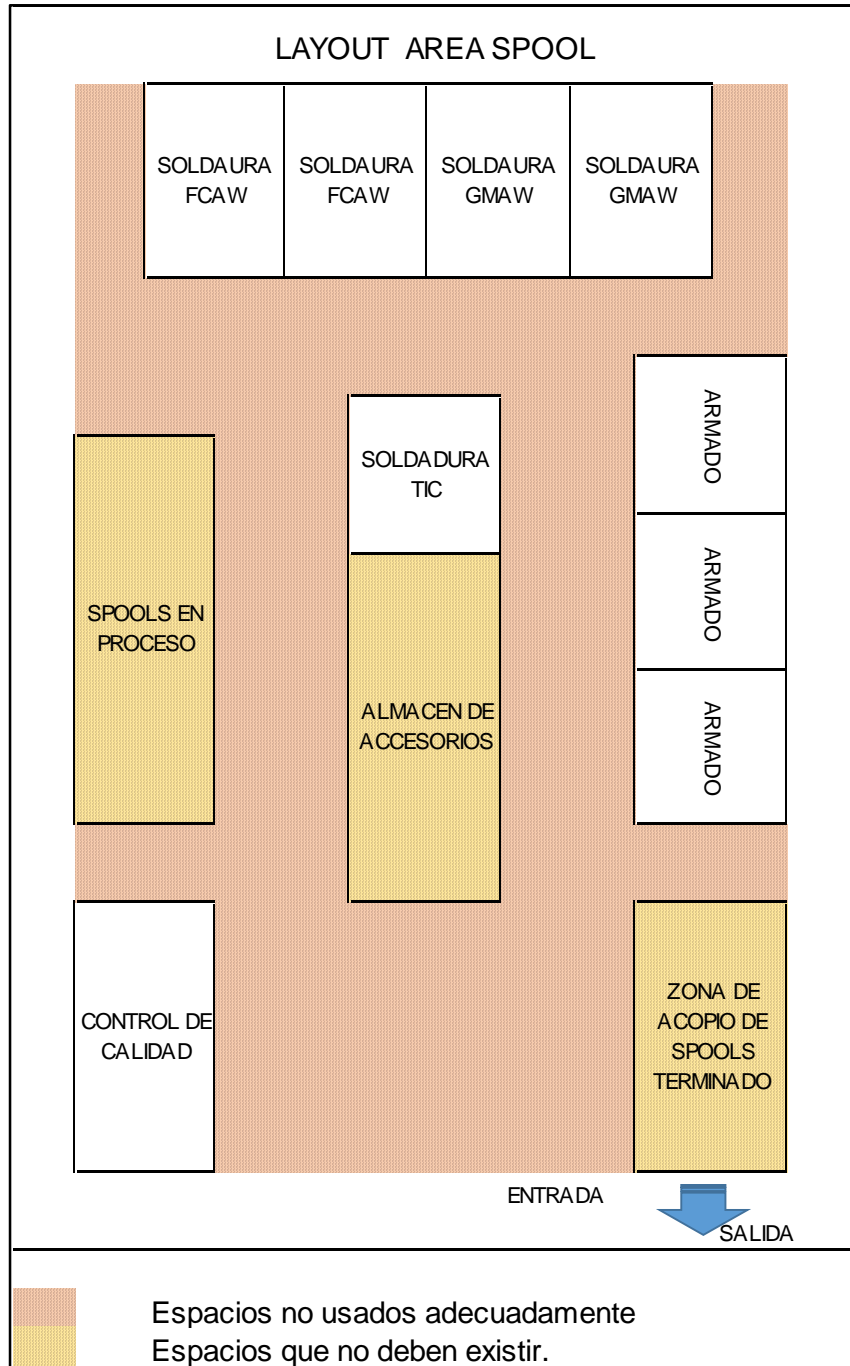


Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Los investigadores.

La figura 23 muestra gráficamente la proporción del espacio utilizados en la planta de spool, no está demás afirmar que tal porcentaje genera perdida para la empresa.

Figura 24: Layout Actual del Área de Spool



Fuente: Datos de la empresa

a) Distancia recorrida por el producto.

El producto durante el proceso de fabricación pasa por varias estaciones de trabajo de diferentes procesos, como preparación de tubos, ensamble o armado,

soldadura y control de calidad, todo esto demanda cierta distancia recorrida que detallamos a continuación:

Tabla 14. *Distancia recorrida por el spool.*

Distancia recorrida por el spool					
	Almacen	Armado	soldadura	QC	Zona de acopio a pintura
Almacen		39.8	69.8	122.16	142.16
Armado			30	82.36	102.36
Soldadura		30		52.36	72.36
QC					20
Z. a. p.					

Fuente: Datos recabadas en la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Como vemos en la tabla 14 el recorrido que tiene que realizar el producto (spool) dentro de la planta para terminar su proceso de fabricación es de **172,16 m.**

5.2.4 DAP del proceso de Fabricación de Spool.

En el área de spool se fabrica spool desde 3" de diámetro Hasta 48" de diámetro. Para el análisis se ha considerado un spool de 24" y con una complicación geométrica media, el cual consta de un segmento de tubo de 24", un segmento de tubo de 12" (intersección) y una brida de 24" de diámetro.

Observamos entonces en la figura 21 que el **tiempo de flujo** es **1175 minutos** del proceso de fabricación de un spool de 24" de diámetro, así como el **tiempo de ciclo** es de **159 minutos** y la **capacidad de producción** del área es de **1.1 spools*hora. = 40.8 pulgadas-díametrales*hora.**

Figura 25. DAP de Fabricación de spool de 24" de diámetro (actual)

Area	Descripcion	Grafica	Tiempo (min)
ARMADO	Transportar (tub/acces)	1	26
	Preparado de tubos	1	47
	Trazos (tubo-brid)	2	38
	Nivelado y med. (tubo-brid)	3	75
	Apuntalado (tubo-brid)	4	36
	Transporte- SOLDADURA	2	18
	Preparado (tubo intersección)	7	29
	Trazos (tubo-interseccion)	8	49
	Nivelado y med. (tubo-inters)	9	68
	Apuntalado (tubo-intersec)	10	37
	Transporte- SOLDADURA	5	21
	SOLDADURA	Pase Raiz (tubo-brid)	5
Transporte a Sold. Acabado		3	17
Pases Acabado(tub-brid)		6	159
Transporte a ARMADO		4	21
Pase Raiz (tubo-interseccion)		11	68
Transporte a Sold. Acabado		6	18
Pase Acabado (tubo-intersec)		12	135
Transporte a Control calidad		7	26
CONTROL DE CALIDAD		control dimensional	1
	Tintes Penetrantes	2	40
	Rayos x (RX)	3	30
	Prueba Hidrostatica (PH)	4	48
	Transporte a Zona de acopio a pintura	8	16
			1175

Fuente: Datos recabadas en la empresa

Elaboración: Los investigadores.

5.2.5 Herramientas Lean – causas del problema

De la tabla 12 algunas causas se manejarán tratando de mitigarlos con algunas herramientas lean, como jidoka, kanban, 5 S, andón, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15. *Herramientas a usar*

Herramientas a usar	
5 S	Organizar, ordenar, limpiar, estandarizar, disciplina
Kanban	Identificación de material o producto en proceso
	Información de producción entre procesos
	Control de niveles de inventario
Jidoka	Verificación de calidad integrada al proceso
	Definición de parámetros óptimos de calidad
	Mecanismos para detectar anomalías en el sistema
Andón	Tiempo de respuestas ante dificultades
	Identificación de piezas defectuosas
	Estado de operación de las estaciones de trabajo
SLP	Disposición de planta

Fuente: Lean Manufacturing (2013)

Elaboración: Los investigadores.

Tabla 16. *Causas principales vs Herramientas a usar*

Item	Causas Principales Del Problema	Herramientas
1.2	mala sincronización entre las áreas	Kanban - jidoka
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	jidoka
2.1	Mala disposición de planta	SLP
2.2	No hubo un estudio de disposición de planta	SLP
2.3	Espacios no aprovechados	SLP
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	5 S
3.1	Falta de stock de materiales	kanban - andón
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	kanban
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	kanban
5.3	Demora en una actividad	jidoka - andón

Fuente: Datos de empresa

Elaboración: Los investigadores.

En el análisis por un periodo de un año aproximadamente se ha detectado las siguientes frecuencias de ocurrencias de causas del problema que dependen de

la DP en el proceso de fabricación de spool señaladas en la tabla 16, estos datos se recogieron de información dada por control de calidad de la empresa.

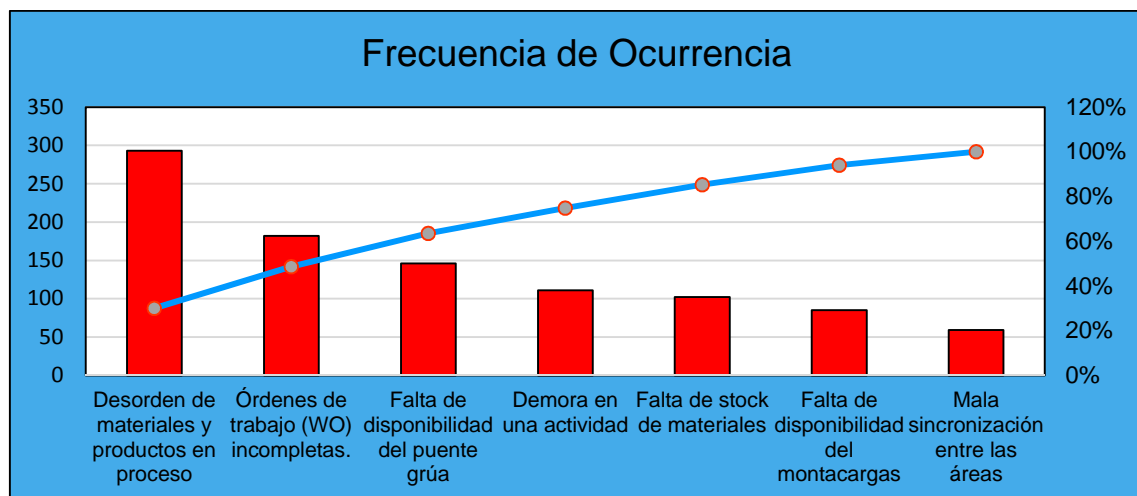
Tabla 17. *Frecuencias de ocurrencia*

Item	Causas Principales Del Problema	Frecuencias
1.2	mala sincronización entre las áreas	59
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	182
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	293
3.1	Falta de stock de materiales	102
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	85
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	146
5.3	Demora en una actividad	111

Fuente: Información de supervisores.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 26. Frecuencia de ocurrencia



Fuente: Elaborado por los Investigadores

Elaboración: Los investigadores

En la figura 26 se observa la cantidad de frecuencias ocurridas en determinado periodo mencionado los cuales serán tratados con herramientas lean. Es necesario señalar que estas son las principales causas que originan innumerables defectos de fabricación de spools.

5.2.6 Producción Actual

A partir de la figura 25 elaboramos un resumen con los cálculos de la producción del área de spool.

Tabla 18. *Producción actual Spool*

Producción planta spool actual		
Tiempo de flujo	1175	min
Tiempo de ciclo	159	min
Capacidad Producción planta	1.1	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	PD
Capacidad Producción planta (PD)	40.8	PD-hora
Produccion/dia	782.49	PD
Produccion/mes	17215	PD
factor de disponibilidad planta	0.88	
Producción realista planta	15149	PD

Fuente: Datos medidos en la empresa.

Elaboración: Los investigadores

De la tabla 18 observamos que la capacidad de producción de spool mensual es de **15 149 PD** en condiciones normales. Se considera en el presente cálculo el trabajo de 2 turnos de 9.6 horas- diarias, 5 días a la semana y 22 días al mes aproximadamente.

El **factor de disponibilidad de planta (fdp)** se obtiene de la siguiente manera, considerando la data de h/h de 1 año para un trabajador

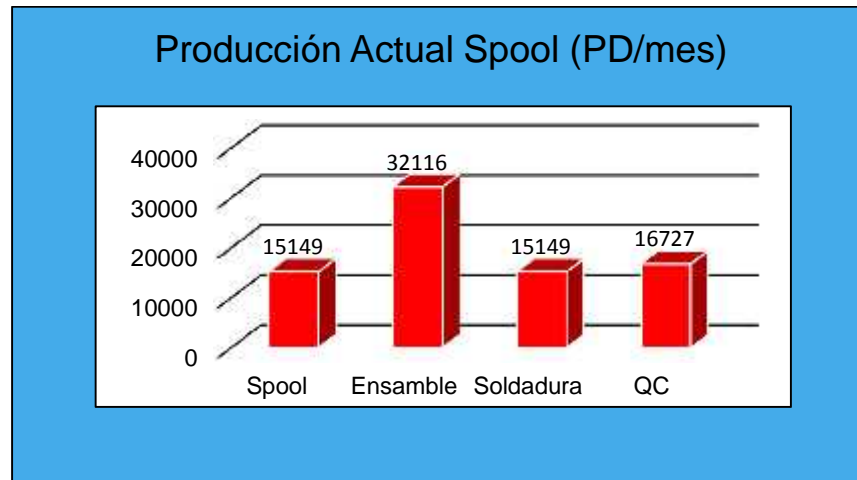
Jornada anual/ trabajador (JAT)	2502.72 h
Rendimiento esperado	100%
Horas muertas (*) (HM)	125.136 h
Mantto de equipos y herramientas (MEH)	100.11 h
Ausentismo (A)	75.08 h
Total (HM + MEH+A)	300.3264 h

$$Fdp = \frac{JAT - (HM + MEH + A)}{JAT}$$

$$Fdp = \frac{2502.72 - (300.3264)}{2502.72}$$

$$Fdp = 0.88$$

Figura 27. Producción actual de spool



Fuente: Datos medidos en la empresa

Elaboración: Los investigadores.

Tabla 19. Personal Operativo

Personal Spool Actual	
Caldereros	9
Soldadores	10
Inspectores calidad	2
Supervisor	2
Montacarquista	1
Operador Pte Grúa	2
Total	26

Fuente: RRHH de empresa

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 19 muestra el personal actual de la empresa con el cual afronta la producción.

a) Cálculo de Producción de Ensamble.

Para este cálculo se toman los tiempos que corresponden a la etapa de ensamble o armado del spool.

Tabla 20. *Cálculo de producción actual de ensamble*

Producción ensamble actual		
Tiempo de flujo	442	min
Tiempo de ciclo	75	min
Capacidad Producción planta	2.4	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	PD
Capacidad Producción planta (PD)	86.4	PD-hora
Produccion/dia	1658.9	PD
Produccion/mes	36495	PD
factor de disponibilidad planta	0.88	
Producción realista armado	32116	PD

Fuente: Datos medidos en la empresa

Elaboración: Los investigadores

En la tabla 20 podemos ver que la producción de la etapa de ensamble es superior al global, con 320116 PD mensuales, un porcentaje de la diferencia indica la cantidad de spools que se quedan en proceso después de esta etapa por diversos motivos que detallaremos más adelante, así como un porcentaje de spools que van a campo solo con este proceso para ser soldado en obra.

b) Cálculo de Producción Actual de Soldadura

Todos los cálculos partieron de la observación realizada a la duración de la actividad de soldeo en sus variados procesos.

Tabla 21. *Cálculo de producción actual de soldadura*

Producción soldadura actual		
Tiempo de flujo	514	min
Tiempo de ciclo	159	min
Capacidad Producción planta	1.1	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	PD
Capacidad Producción planta (PD)	40.8	PD-hora
Produccion/dia	782.49	PD
Produccion/mes	17215	PD
factor de disponibilidad planta	0.88	
Producción realista soldadura	15149	PD

Fuente: Datos medidos en la empresa

Elaboración: Los investigadores

Esta etapa de fabricación de spool señala una producción aproximada de 15 149 PD mensuales, el cual tiene una connotación semejante del global, ya que esta etapa posee el tiempo de ciclo mayor de todo el proceso de fabricación.

c) Cálculo de Producción Actual de Control de Calidad (QC)

Las actividades de control de calidad en spool es muy estático, ya que espera a que el producto este por su fase final de fabricación para revisar todos los parámetros de calidad del producto.

Tabla 22. *Cálculo de producción actual de control de calidad*

Producción control de calidad actual		
Tiempo de flujo	182	min
Tiempo de ciclo	48	min
Capacidad Producción planta	1.3	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	PD
Capacidad Producción planta (PD)	45.0	PD-hora
Produccion/día	864	PD
Produccion/mes	19008	PD
factor de disponibilidad planta	0.88	
Producción realista soldadura	16727	PD

Fuente: Datos medidos en la empresa

Elaboración: Los investigadores

Control de calidad con un tiempo de ciclo de 48 minutos señala una producción mensual de 16 727 PD, así mismo una capacidad de producción de planta de 45 PD – hora.

5.2.7 Productividad Actual

Para Heizer J. y Render B. (2007), la productividad de múltiples factores supone una visión más amplia, que incluye todos los factores productivos (por ejemplo trabajo, material, energía, capital). La productividad de múltiples factores también se le conoce como *productividad total de factores*.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{OUTPUT}}{\text{TRABAJO} + \text{MATERIAL} + \text{ENERGIA} + \text{CAPITAL} + \text{VARIOS}}$$

De la figura 4 se usó los datos de ventas conocidos de años anteriores para hacer unas proyecciones de ventas para los siguientes años hasta el 2020 como vemos en el anexo 5; del año 2015 de la venta total se considera el 60% la venta de spool.

Así mismo para los múltiples factores analizados para el 2015 se han considerado: la mano de obra, gastos financieros, gastos administrativos, mantenimiento de planta, gastos de venta, energía y consumibles, descritos detalladamente en el anexo 6.

Tabla 23. *Productividad actual de spool*

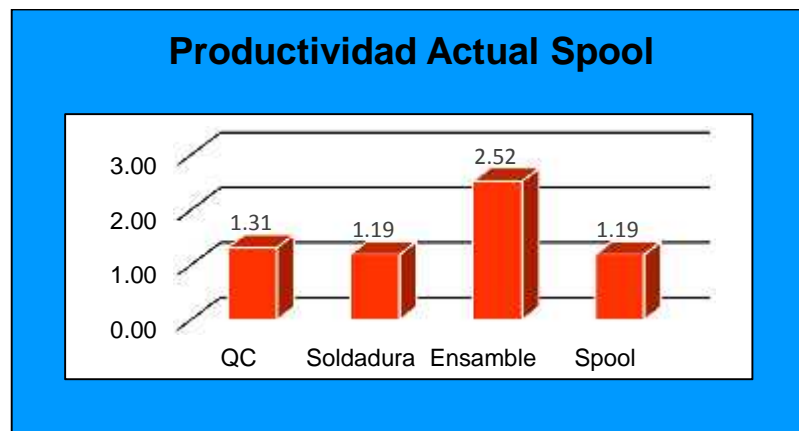
Productividad - spool	
	Actual
Ventas	\$ 20,280,000.00
Multiples factores	\$ 17,067,804.93
Productividad - spool	1.19

Fuente: Datos del área de finanzas de la empresa.

Elaboración: Los investigadores

La tabla 23 muestra la productividad actual de la planta de spool 1.19

Figura 28. Productividad actual del área de spool



Fuente: Datos de la empresa

Elaboración: Los investigadores.

a) Cálculo de la Productividad Actual de Ensamble.

La sección encargada del ensamble de los spools tiene una dinámica muy fluida como se aprecia en la tabla 16 con un tiempo de ciclo de 75 minutos, esto se ve reflejado en la productividad al ser mayor que el área de soldadura.

Tabla 24. *Calculo de productividad actual de ensamble.*

Productividad - Ensamble	
	Actual
Ventas	\$ 15,047,816.23
Multiples factores	\$ 5,973,731.73
Productividad - Ensam	2.52

Fuente: Datos del área de Finanzas de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 24 observamos que la productividad de ensamble es de 2.52, esto quiere decir que esta sección del proceso ensambla 2.52 spools por cada unidad de factores múltiples.

b) Cálculo de Productividad Actual de Soldadura.

En la sección del proceso de soldadura de spools el tiempo de ciclo es de 159 minutos como se ve en la tabla 17, lo cual representa también el tiempo de ciclo de todo el proceso de fabricación de spool.

Tabla 25. *Calculo de Productividad Actual de Soldadura.*

Productividad - Soldadura	
	Actual
Ventas	\$ 9,937,200.00
Multiples factores	\$ 8,363,224.42
Productividad - Soldad	1.19

Fuente: Datos del área de finanzas de la empresa

Elaboración: Los investigadores.

La productividad en esta sección es de **1.19**, que es inferior a la anterior etapa de producción, esto responde a la complejidad de esta etapa ya que el soldeo de los spools exige requisitos técnicos muy estrictos ventilados con los ensayos no destructivos que tiene que pasar cada spool después del proceso de soldeo.

c) Cálculo de Productividad Actual de Control de Calidad (QC)

En esta sección del proceso la productividad es de **1.31**, esto revela el bajo flujo del proceso, muchas reparaciones y spool retenidos por alguna falla. En algunos casos estas fallas responden a la etapa de ensamble, y es aquí donde se verifica

recién la falla, habiendo pasado por soldadura, otras veces por material inadecuado etc.

Tabla 26. *Calculo de productividad actual de QC*

Productividad - QC	
	Actual
Ventas	\$ 3,582,795.54
Multiples factores	\$ 2,730,848.79
Productividad - QC	1.31

Fuente: Datos del área de finanzas de la empresa

Elaboración: Los investigadores.

5.2.8 Análisis Financiero Actual

En esta parte del desarrollo de esta investigación, consideramos una inclinación de la empresa a resolver solo temas de orden y limpieza que son temas físicamente evidentes, por ello vamos a asumir que la empresa solo desea invertir en capacitaciones concernientes a la herramienta 5 “S” para sus trabajadores de la planta mas no contempla una mejora en cuanto a disposición de planta (DP). Estas capacitaciones son las habituales que las empresas hacen durante el año, sin embargo, como investigadores asumiremos como un tipo de inversión de mejora.

a) Inversión Actual

Esta inversión actual, no es un proyecto definido específicamente, sino **es el escenario donde la empresa realiza esta inversión aproximada en capacitaciones anuales rutinarias en diversos temas al personal de spool**, para este año hemos considerado que solo se enfoca en mitigar el desorden de la planta y dentro de su programa anual considera la capacitación en la herramienta 5 S, sin embargo es poca la inversión con relación al propuesto, aquí detallamos los componentes de **la inversión rutinaria anual** que realiza la empresa.

Tabla 27. *Inversión Actual*

Costo de capacitación 5 S			
Herramientas	Horas de capacitación	costo x hora capacitación	Total costo de capacitación
5 S	50	\$ 112.00	\$ 5,600.00
Costo de MO x capacitar			\$ 20,688.00
Materiales de capacitación			\$ 1,200.00
Mantenimiento de la herramienta			\$ 800.00
Total de inversión			\$ 28,288.00

Fuente: LM Center (2009)

Elaboración: Los investigadores

En esta tabla 27 notamos que la inversión directa es de \$ 28 288,00 y el mantenimiento de \$ 800 dólares correspondiente al costo de prevalecer lo enseñado en la capacitación a través de herramientas gráficas, audiovisuales etc.

b) Flujo de Caja Actual

Para realizar este flujo de caja se ha considerado las ventas proyectadas en estudio de mercado señaladas en la tabla 54 y los datos de la información general de la tabla 55. Se considera al año 2016 como año cero para la aplicación de este flujo de caja.

Tabla 28. *Flujo de Caja Actual*

Flujo de Caja Actual (\$,000)			
Concepto / Año	2016	2017	2018
Ventas Incrementales	\$ -	\$ 21,717.40	\$ 23,070.85
Costo de ventas	\$ -	\$ 8,686.96	\$ 13,030.44
Utilidad bruta	\$ -	\$ 13,030.44	\$ 10,040.41
Gastos operacionales	\$ -	\$ 4,560.65	\$ 3,514.14
Utilidad operativa	\$ -	\$ 8,469.79	\$ 6,526.26
Gastos financieros			
Utilidad antes de impuesto	\$ -	\$ 8,469.79	\$ 6,526.26
Impuestos (30%)	\$ -	\$ 1,129.30	\$ 1,957.88
Utilidad neta	\$ -	\$ 7,340.49	\$ 4,568.39
Ahorro x implementar lean manuf			
Inversión capacitación 5S	\$ 5.60		
Inversión materiales 5S	\$ 1.20	\$ 21.20	\$ 21.88
Inversión MO x capacitar	\$ 5.68		
Inversión maq. Y equipos			
Inversión infraestructura			
Inversion capital de trabajo	\$ 8,686.96		
Mantto proyecto	\$ 0.80	\$ 512.50	\$ 528.90
Flujo de caja del proyecto	-\$ 8,700.24	\$ 6,806.79	\$ 4,017.61

Fuente: Datos del área de finanzas de la empresa

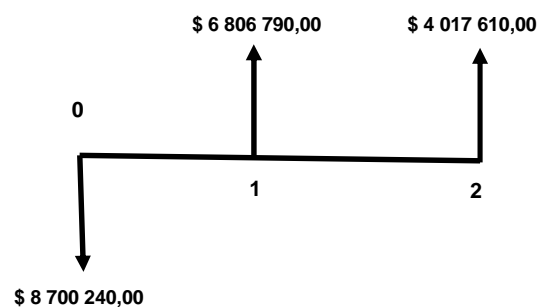
Elaboración: Los investigadores.

En la tabla 28 evidencia la inversión inicial de \$ 8 700 240,00 para el año 2016, ya que se considera a este como año cero, considerando asimismo que el inventario es cero. En el segundo periodo 2018 ya se recupera la inversión teniendo un flujo neto de caja de \$ 4 017 610,00.

c) Diagrama de Flujo de Caja Actual

Tomando como punto de partida los flujos de la tabla 28 y plasmándolo gráficamente obtenemos el diagrama de flujo de caja actual.

Figura 29. Diagrama de Flujo de Caja Actual



Fuente: Datos de empresa

Elaboración: Los investigadores

A partir de esta información se evalúa esta pequeña inversión utilizando diversas técnicas de análisis financiero mostradas en la tabla 29.

d) Técnicas Financieras

La siguiente tabla revela algunos indicadores de la inversión que servirá para comparar con otro escenario, esta inversión es la que pretenden realizar de manera rutinaria sin darle mucho crédito a la necesidad de implementar una mejora en cuanto DP. Los indicadores usados son la tasa de rentabilidad mínima atractiva (TREMA), la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN), relación beneficio costo (B/C) y el periodo de retorno de la inversión (PRI).

Tabla 29. *Indicadores Financieros Actual.*

Indicadores Financieros	
	Actual
TREMA	23%
TIR	-22%
VAN	S/. -510.70
VAN (Beneficio)	S/. 32,905.84
VAN (Costes)	S/. 16,016.06
B/C	2.05
PRI	1.47

Fuente: Elaborado por los Investigadores

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 29 nos dice que la tasa de rentabilidad mínima atractiva será **23% (información dada por área de proyectos de la empresa)**. La tasa interna de retorno (TIR) es de -22% que está por debajo a la tasa esperada, bajo este criterio la inversión no es viable. El valor actual neto (VAN) es menor a cero, entonces indica que la inversión está produciendo pérdidas. El cociente beneficio costo (B/C) de 2.05 permite determinar que el beneficio de esta inversión en supera el costo del mismo. Y por último el periodo de retorno de la inversión (PIR) de 1.47 indica que la inversión retornara en un año, 5 meses con 19 días aproximadamente.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

Figura 30. Índice de Resultados

Resumen de Capítulo 6: Resultados	
6.1 Disposición de Planta	6.1.1 Definición de Estaciones de trabajo a) Estación de trabajo de AT b) Estación de trabajo de ER c) Estación de trabajo de SR d) Estación de trabajo EST e) Estación de trabajo QC f) Estación de trabajo de R 6.1.2 Metodología de planeación sistemática de planta (SLP) a) Relación de importancia b) Análisis de relaciones c) Desarrollo de diagrama relacional de estaciones d) Desarrollo de diagrama relacional de espacios 6.1.3 Layout de planta 6.1.4 Distancia recorrida por el producto 6.1.5 DAP del proceso de fabricación de spool 6.1.6 Implementación de Herramientas Lean a) 5S b) Kanban c) Jidoka d) Andon e) Impacto de herramientas lean
6.2 Producción Spool - Proyectada	6.2.1 Cálculo de producción de ensamble 6.2.2 Cálculo de producción de soldadura 6.2.3 Cálculo de producción de QC
6.3 Productividad Spool Proyectada	6.3.1 Cálculo de productividad de ensamble 6.3.2 Cálculo de productividad de soldadura 6.3.3 Cálculo de productividad de QC
6.4 Análisis Financiero	6.4.1 Inversión proyectada 6.4.2 Flujo de caja proyectada 6.4.3 Diagrama de flujo de caja proyectada 6.4.4 Evaluación financiera proyectada
6.5 Resumen Comparativo	6.5.1 Disposición de Planta (DP) 6.5.2 DAP de fabricación de spool 6.5.3 Implementación proyectada de HL 6.5.4 Producción de spool 6.5.5 Productividad de spool 6.5.6 Comparatividad de análisis financiero
6.6 Contrastación de Hipótesis	6.6.1 Hipótesis general a) Variable 1: Disposición de planta b) Variable 2: Productividad 6.6.2 Hipótesis secundarias

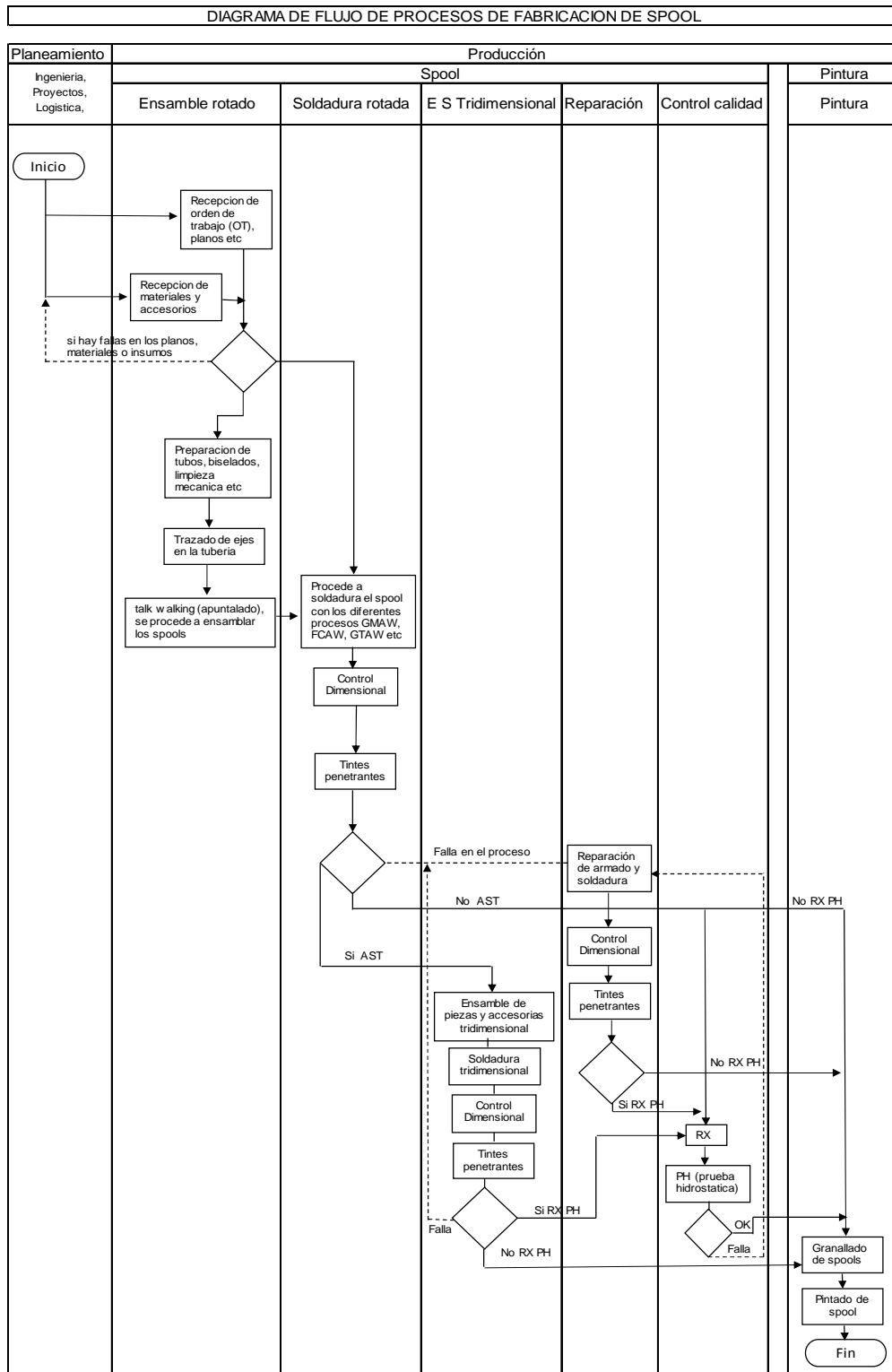
Fuente: Los Investigadores

Elaboración: Los investigadores

6.1 Disposición de Planta Proyectada

Para darle una solución al problema de la disposición de planta se ha utilizado la herramienta SLP (System Planning Layout). Se inició con el análisis con los datos de la figura 25 en el cual observamos que actividades como el ensamble de tipo rotado y tridimensional se realiza en dos tiempos teniendo al centro la soldadura rotada, esto exige a que el spool después de estar en soldadura regrese a la sección de ensamble nuevamente para la siguiente actividad del ensamble tridimensional. Este desplazamiento del producto a un espacio anterior genera recorrido innecesario, por ello la sección de ensamble se divide en dos, ensamble rotado y ensamble tridimensional. Así mismo la sección de soldadura se divide en dos, soldadura rotada y soldadura tridimensional. A esto adicionamos que como la cantidad de actividad rotada es mayor que el tridimensional y este último tiene mayor duración, conjugamos los espacios de ensamble tridimensional y soldadura tridimensional en uno solo, llamándose ensamble y soldadura tridimensional (EST) como se verá en la tabla 30. Así mismo es necesario saber que el almacén de temporal (AT), no es una estación de trabajo específicamente, pero debemos considerarlo como tal para configurar el diagrama de relaciones, ya que este es un espacio en el cual se almacena solo los tubos de manera momentánea hasta que el maniobrista lo lleve a determinada estación de trabajo para iniciar el proceso de fabricación.

Figura 31. Diagrama de Flujo de Procesos



Fuente: Información de la empresa

Elaboración: Los investigadores

La figura 31 grafica las variaciones que tiene con la nueva configuración de la planta, las estaciones de soldadura y ensamble y soldadura tridimensional interactúan de manera lineal sin razón para regresar el producto a estaciones anteriores.

6.1.1 Definición de Estaciones de Trabajo

Tabla 30. *Estaciones de trabajo*

Via de producción de spool		
Estaciones	Abreviación	Cantidad
Almacen temporal	AT	1
Ensamble rotado	ER	3
Soldadura rotada	SR	3
Ensamble y soldadura trid	EST	4
Control de calidad	QC	1
Reparación	R	1

Fuente: Simulación SLP.

Elaboración: Los investigadores

Esta tabla 30 muestra un formato diferente de las estaciones de trabajo buscando que el proceso de fabricación sea lineal, esto repercute en el diagrama de flujo de procesos que mostrado en la figura 30.

a) Estación de AT

Esta estación es una zona utilizada para almacenar momentáneamente los tubos por cada orden de trabajo (WO) que viene de la sección de habilitado, así pues, no es una estación de trabajo sino una estación de almacenamiento de materiales. En esta nueva configuración se opta por implementar una entrada adicional por donde entraría los materiales e iniciando por ahí el proceso como se muestra en la figura 34. El área destinada para este almacén es de 54 m² aproximadamente.

b) Estaciones de Trabajo de ER

Luego de analizar los elementos y equipos necesarios para desarrollar la actividad de ensamble se llegó a la siguiente conclusión, los equipos y herramientas necesarios para esta actividad son como se muestra en la siguiente tabla 31, de ahí el kit de herramientas se encuentran en el coche de herramientas propios de la actividad a desarrollar por los técnicos del ensamblado. En esta estación de

trabajo los técnicos ensamblan piezas y accesorios al tubo que demanden una soldadura rotada como tubo-tubo, tubo- brida, tubo- Vic ring, etc.

Figura 32. Ensamble rotado (ER)



Fuente: NT Welding

Elaboración: Los investigadores

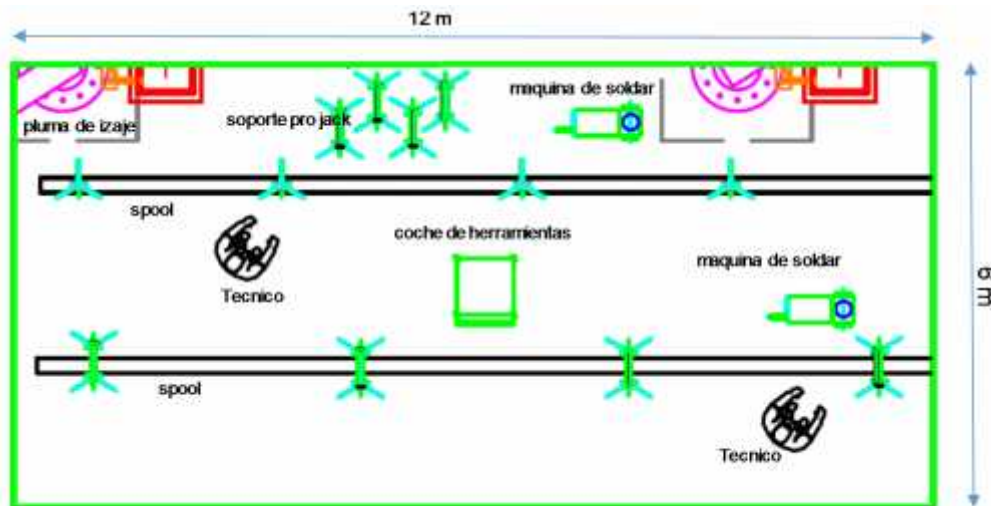
Tabla 31. Herramientas y Equipo de la Estación de ER

Herramienta / equipo	Cantidad
maquinas de soldar	2
kit de herramientas	2
soportes pro jack	4
Soporte pro roll	8
Coche de herramient	1

Fuente: Logística de empresa.

Elaboración: Los investigadores

Figura 33. Estación de Trabajo de ER.



Fuente: Datos del área de spool.

Elaboración: Los investigadores

La figura 33 muestra el área de la estación de ensamble que sería de 72 m² para ejecutar la actividad de ensamble, aquí trabajan dos operarios o técnicos, cada uno de ellos con un spool trabajándolo. La cantidad de este tipo de estaciones sería 3 como muestra la tabla 29.

b) Estaciones de Trabajo de SR

A diferencia de la configuración actual que tiene esta sección de poseer una zona definida para realizar todos los tipos de soldadura, se propone desdoblarse esta etapa del proceso en estaciones de soldadura rotada y soldadura tridimensional. En las estaciones de soldadura rotada solo realizarán soldadura de manera que el spool rote o gire gracias a un dispositivo rotatorio y así realizar el soldeo de la junta de tubo- tubo, tubo – Vic ring, tubo – brida etc.

Para estas estaciones los equipos y herramientas son como muestra la siguiente tabla 32.

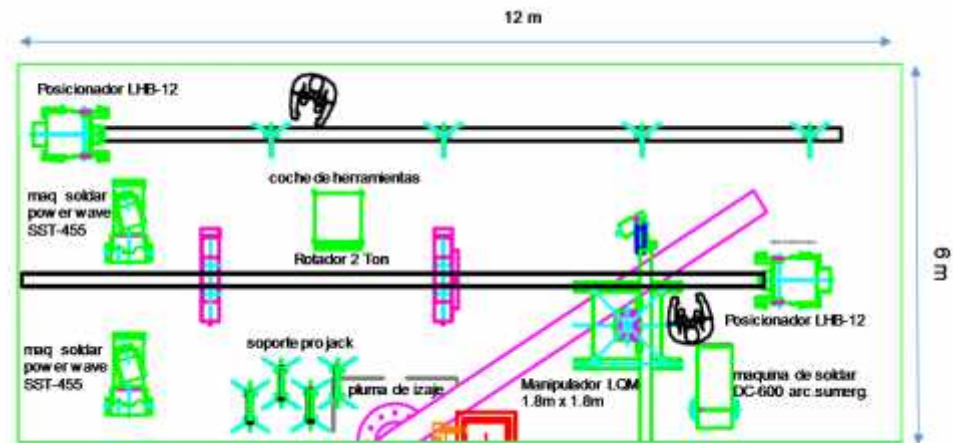
Tabla 32. *Herramientas y Equipo de la Estación de SR*

Herramienta / equipo	Cantidad
Maquinas de soldar SST-455	2
Maquinas de soldar DC-600 Arc. Sumer	1
Kit de herramientas	2
Soportes pro jack	4
Soporte pro roll	4
Coche de herramientas	1
Rotador de 2 Ton	2
Posicionador LHB- 12	2

Fuente: Logística de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 34. Estación de Trabajo de SR



Fuente: Datos del área de spool.

Elaboración: Los investigadores.

Como vemos en la figura 34 esta estación de SR también tiene un área de 72 m² aproximadamente, los cuales es suficiente para que dos soldadores realicen las actividades de soldeo al spool. La cantidad de este tipo de estaciones de soldadura serán 3 señaladas en la tabla 29 líneas arriba.

c) Estaciones de Trabajo de EST

Como se había mencionado líneas arriba la estación de ensamble tridimensional (ET) y soldadura tridimensional se conjugan en un solo espacio teniendo así la estación de trabajo de ensamble y soldadura tridimensional (EST). El motivo de conjugar estos dos tipos de actividades en un mismo espacio es para evitar el acarreo innecesario, ya que los spool de forma tridimensional podrían ser más complicado su desplazamiento por otro lado las actividades de ensamble tridimensional y soldadura tridimensional son los que mayor duración, por ello existe la opción de que los técnicos se muevan si uno de las actividades fuese más rápido que el otro. En esta estación trabajara un técnico para el ensamble tridimensional del spool y otro técnico soldador. Las herramientas y equipos a usarse en esta estación son como sigue.

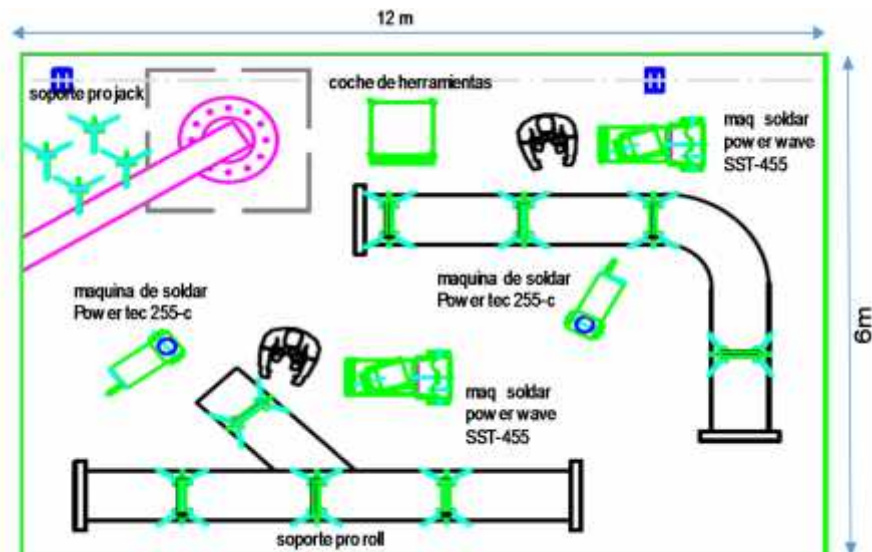
Tabla 33. *Herramientas y Equipo de la Estación de EST*

Herramienta / equipo	Cantidad
Maquinas de soldar SST-455	2
Maquinas de soldar Power tec 255-c	2
Kit de herramientas	2
Soportes pro jack	4
Soporte pro roll	8
Coche de herramientas	1

Fuente: Logística de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 35. Estación de Trabajo de EST



Fuente: Datos del área de spool.

Elaboración: Los investigadores.

Las áreas de espacio para las estaciones se han considerado un promedio de 72m² que es lo mismo de las anteriores. En esta figura 35 se aprecia dos técnicos, un técnico ensamblador y un técnico soldador, mientras que el técnico ensamblador o armador ensambla el spool el soldador termina de soldar el otro spool que ya está ensamblado.

d) Estación de Trabajo de QC

Actualmente todos los controles de calidad se realizan al final del proceso, sin embargo, se propone cambiar por un modelo más dinámico de control, de tal manera no se esperaría al final del proceso sino en cada estación del proceso. Por ejemplo, si tenemos un spool que solo aplica ensamble y soldadura rotada, este spool tendrá sus controles en ensamble y en soldadura donde los inspectores de calidad se desplazaran a este punto y liberaran el spool para la siguiente etapa que es de pintura. Para ello el inspector de calidad deberá dirigirse al spool que culmina sus procesos que aplica según la hoja de ruta que debe pasar el spool. En esta estación específicamente se realizarán los ensayos no destructivos, de aquellos spools que hayan llegado a ensamble y soldadura tridimensional, y requiera ensayos representando el 5% - 10% del

proyecto, entonces pasaran por pruebas de rayos x, prueba hidrostática (PH) etc. Según exija la ruta de producción del spool. Las actividades propias de esta estación exigen ciertos equipos e instrumentos como galgas, pie de rey, cinta métrica, etc.

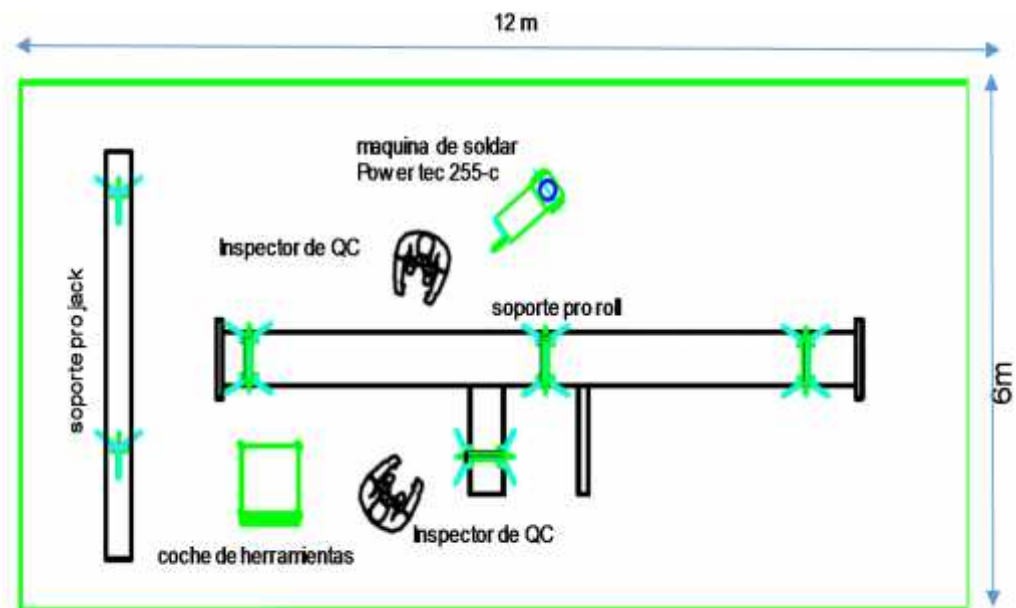
Tabla 34. *Herramientas y Equipo de la Estación de QC*

Herramienta / equipo	Cantidad
Maquinas de soldar Pow er tec 255-c	1
Kit de instrumentos	2
Soportes pro jack	2
Soporte pro roll	4
coche de instrumentos	1

Fuente: Logística de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 36. Estación de Trabajo de QC



Fuente: Datos del área de spool.

Elaboración: Los investigadores.

La figura 36 muestra las dimensiones de esta única estación de QC que existe en una “vía de producción” que es similar a los anteriores, sin embargo, esta estación será también interactivo, es decir si necesitaran espacio en la estación de reparación está la cederá si hay suficiente espacio para ello.

e) Estación de R

Este espacio serviría para los posibles errores que hubiera después de pasar las pruebas de los ensayos no destructivos a los spools u otras modificaciones que hubiera de último momento, razón por el cual todo spool no tendría retroceso avanza y para corregir algo está esta estación de reparación ubicado casi al final de la vía de producción como se muestra en la figura 33. En este lugar de trabajo se indica ciertos equipos y herramientas señaladas en la tabla 34 líneas abajo.

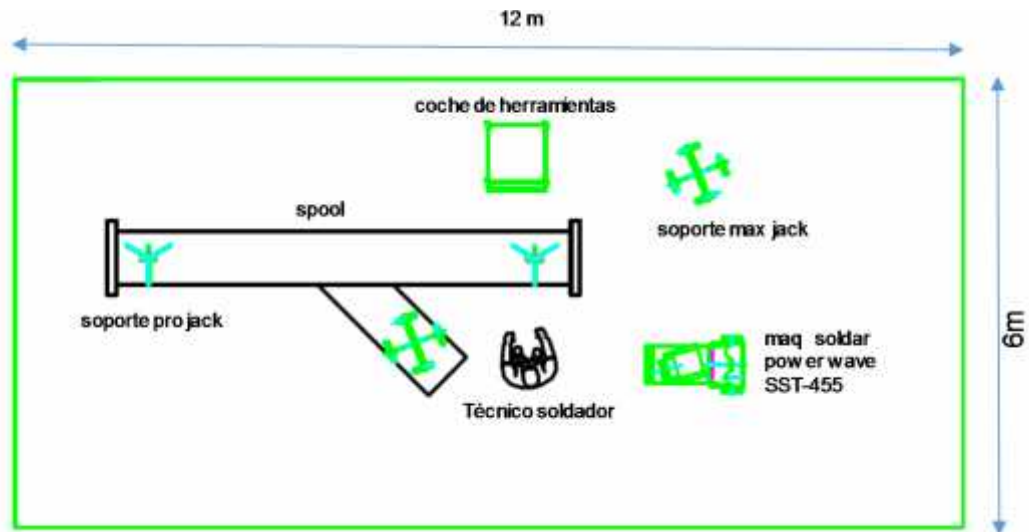
Tabla 35. *Herramientas y Equipo de la Estación de R*

Herramienta / equipo	Cantidad
Maquinas de soldar Power wave SST- 455	2
Kit de herramientas	2
Soportes pro jack	6
Soporte max jack	4
coche de herramientas	1

Fuente: Logística de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 37. Estación de Trabajo de R



Fuente: Datos del área de spool.

Elaboración: Los investigadores

En la figura 37 observamos los equipos mínimos que conforman esta estación, sin embargo, esta pueda variar según aumente la carga de trabajo para esta estación, así como en las demás estaciones que por un tema grafico se mostró dos spools por estación, eso siempre cuando estos spool tengan un largo más de 6 metros de largo, porque si son menos de 6 metros entonces en cada estación entraría 6 spools. Se mantendría esta dimensión de espacio para esta estación de reparación siempre con formatos flexibles a variaciones de diseño que sugiera producción según la envergadura del proyecto a desarrollar.

6.1.2 Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (System Layout Planning)

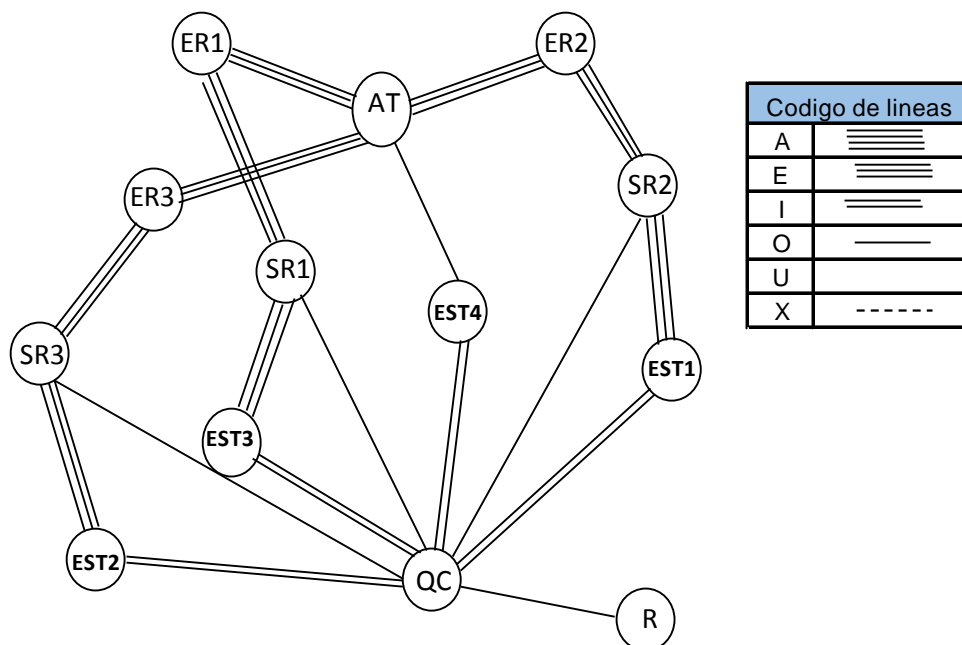
a) Relación de Importancia (proyecto)

A diferencia del modelo actual la distancia recorrida mostrada en la tabla 13 podría disminuir considerablemente. A partir de los datos mencionados en párrafos anteriores se usa el System Layout Planning (SLP) y con ello construir una matriz de relaciones, es decir tomando el criterio de cercanía que deben estar las estaciones por el mayor flujo de materiales que tengan estas entre ellos se le asignara grado de importancia como se muestra en la figura 35.

actividades de las estaciones en base a la información que se dispone. De tal forma en el grafo considera las estaciones adimensionales sin forma definida.

Seguidamente este diagrama se va ajustando a prueba y error lo cual debe elaborarse de manera que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las estaciones, así pues, buscamos que las estaciones con mayor flujo de materiales estén más cerca posibles como se muestra en la siguiente figura 39.

Figura 39. Diagrama Relacional de Estaciones



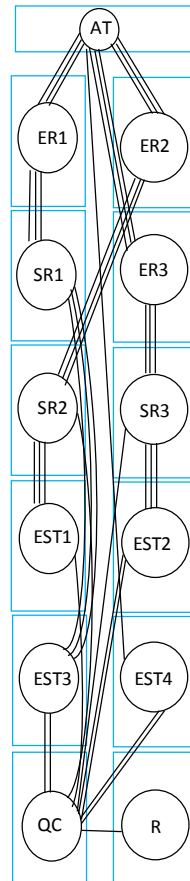
Fuente: Disposición de planta (1965).

Elaboración: Los investigadores.

d) Desarrollo del diagrama relacional de espacios

Este diagrama relacional de espacios es similar al diagrama relacional de estaciones con la particularidad de que los símbolos de las estaciones se encuentran dentro de un área que necesita a escala aproximadamente.

Figura 40. Diagrama Relacional de Espacios



Fuente: Simulación SLP.

Elaboración: Los investigadores

La figura 40 nos muestra la configuración aproximada de las estaciones de trabajo, sin embargo, el área de spool es suficiente para incluir dos vías de producción como esta descritas en la tabla 37.

Tabla 37. Vías de Producción de Spool

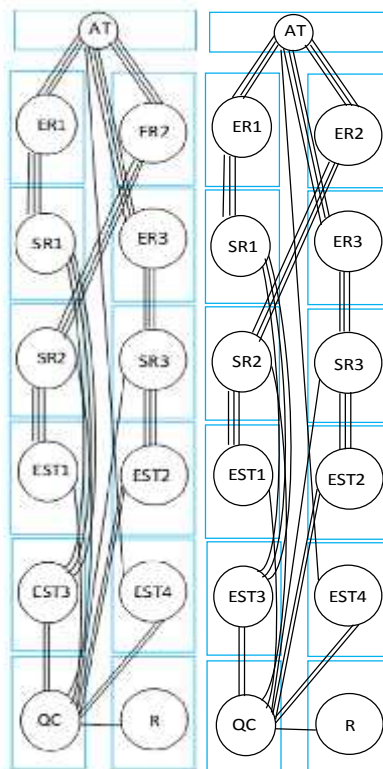
Vías de producción		
Estaciones	Vía 1 (cant)	Vía 2 (cant)
AT	1	1
ER	3	3
SR	3	3
EST	4	4
QC	1	1
R	1	1

Fuente: Simulación SLP

Elaboración: Los investigadores.

Entonces la configuración de la planta de spool quedaría de la siguiente manera con dos vías de producción, una de ellas para atender la fabricación de spools de 3” – 24” de diámetro y la segunda vía de producción atender spools de 24” a 48” o mayor pulgada de diámetro.

Figura 41. Diagrama Relacional de Espacios II



Fuente: Simulación SLP

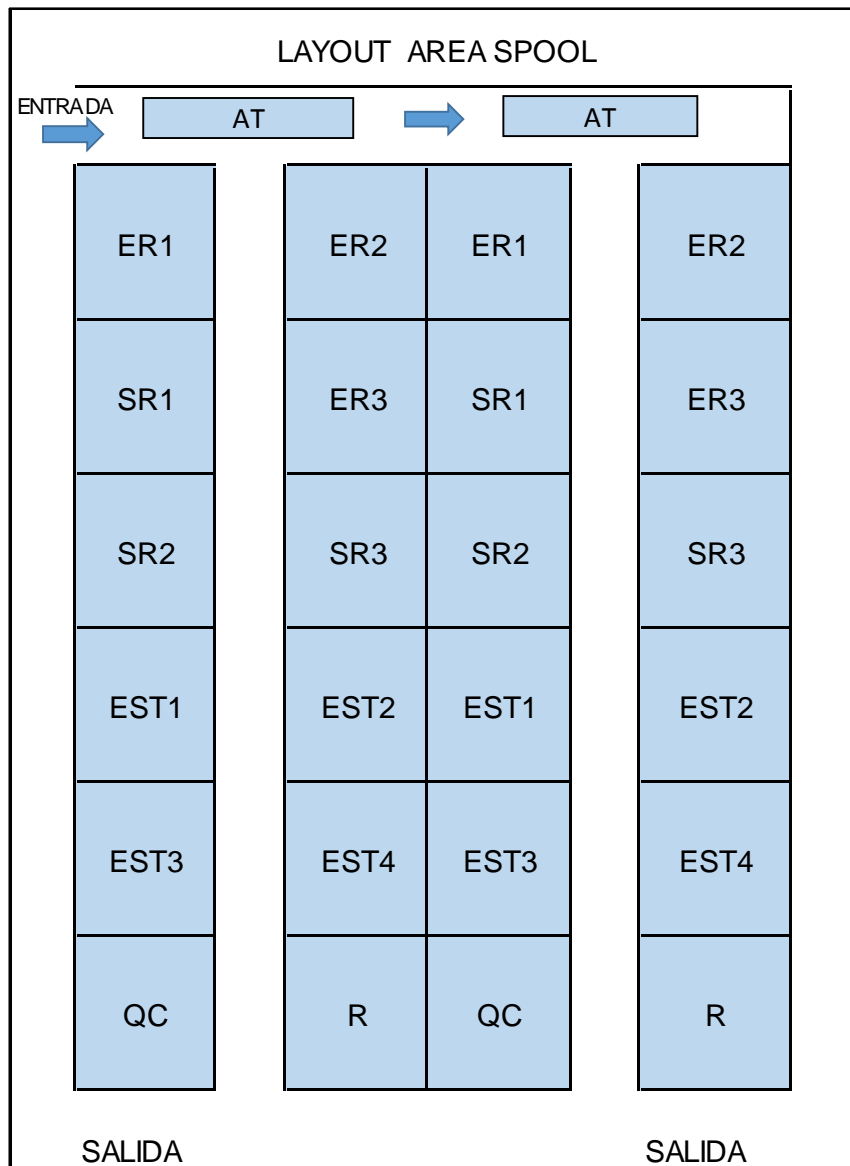
Elaboración: Los investigadores.

A partir de la figura 41 se puede construir una distribución más óptima de la planta de spool, considerando también los demás factores relacionados a las herramientas lean.

6.1.3 Layout de Planta

Conforme a la modelación con el System Layout Planning (SLP), los cuales teniendo en cuenta la utilización de espacios al máximo obtenemos el siguiente grafo para una mejor visión general del área en análisis en esta investigación.

Figura 42. Layout de Planta (proyecto)



Fuente: Simulación SLP

Elaboración: Los investigadores.

De esta figura 42 se determina que la ordenación de los espacios tiene un potencial para ser aprovechado ya que la zona de color representa el área efectiva utilizada que alcanza los 82% aproximadamente del total disponible como se muestra en la siguiente tabla 38.

Tabla 38. *Disposición de Planta - Proyectada*

Disposición de planta (proyectada)			
Ubicación	Área (m ²)		
	Disponible	Utilizada	Zona de operación
spool	2340	1911.40	428.60
%	100%	82%	18%

Fuente: Datos de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Figura 43. *Disposición de Planta (Proyecto)*



Fuente: Simulación de datos de empresa.

Elaboración: Los investigadores.

6.1.4 Distancia Recorrida por el Producto (proyectada)

Con esta nueva configuración de disposición de la planta el producto o spool en su proceso de fabricación solo se desplazaría el 46% aproximadamente con respecto al recorrido que realiza. Desde este criterio de distancia mínima de recorrido del material o producto se cumpliría notablemente.

El desplazamiento ahora es lineal, tratando de que el material una vez que ingresa a una de las vías de producción avanza y no regresa.

Tabla 39. *Distancia Recorrida por el Spool - Proyectada*

		Distancia recorrida (m)-spool - proyectada					
		AT	ER	SR	EST	QC	R
AT			16	28	52	72	72
ER				12	35	56	57
SR					23	42	43
EST						19	20
QC							9
R							
							79

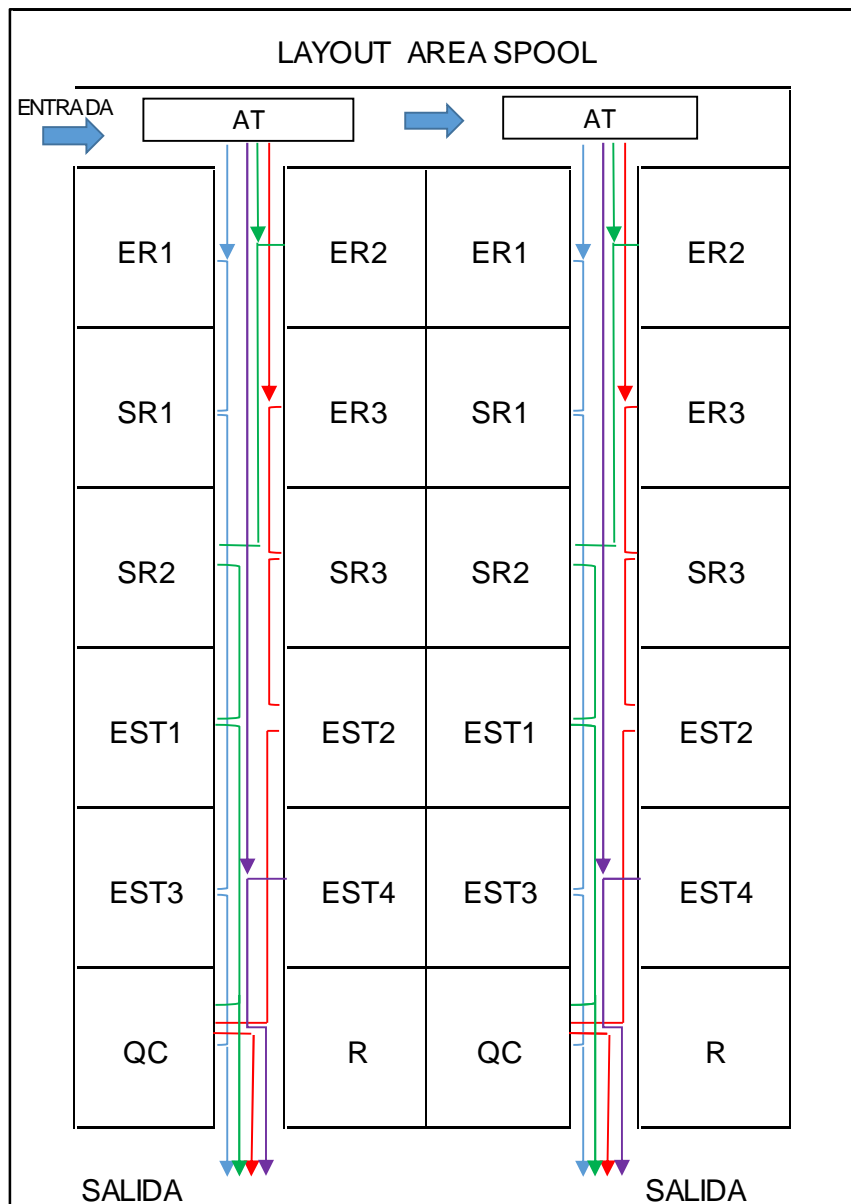
Fuente: Medición simulada SLP

Elaboración: los investigadores

De la tabla 39 podemos verificar la distancia recorrida por el spool en proceso de fabricación es de 79 metros, esto considerando que el spool pasa por todos los procesos señalados incluyendo el de reparación.

En el análisis de la distancia recorrida por el material en proceso descrita en la tabla 14 tenemos una distancia de **172.6 metros**. Esta distancia se fue ajustando a prueba y error con el nuevo formato de DP para reducir los tiempos y costos de producción. La variación de distancia recorrida es de **93.6 metros**. Según información por supervisores de proyecto el costo por metro recorrido del producto en proceso es de \$ 2.2 dólares x m, lo cual nos señala que tendríamos un ahorro de **\$ 204.6** por spool, proyectado anualmente sería **\$ 1 677 170,50** dólares aproximadamente.

Figura 44. Diagrama de Recorrido (Proyectada)



Fuente: Simulación SLP.























Elaboración: Los investigadores.

En la figura 44 se observa un diagrama de recorrido proyectado, de manera ordenada y lineal, esta configuración proyectada podría desvanecer la idea de desaprovechamiento de espacios.

6.1.5 DAP del Proceso de Fabricación de Spool (proyectada)

Este diagrama nos muestra algunas variaciones que tendría el proceso después de implementar la nueva disposición de planta, modelado con el System Layout Planning (SLP), así pues, los tiempos en algunas actividades varían como se aprecian en el diagrama inferior.

Figura 45. DAP de Fabricación de Spool de 24" de diámetro (proyectada)

Sección	Descripción	Grafica	Tiempo (min)
ER	Transportar (tub/acces)		10
	Preparado de tubos		31
	Trazos (tubo-brid)		26
	Nivelado y med. (tubo-brid)		59
	Apuntalado (tubo-brid)		26
	Transporte- SR		9
SR	Pase Raiz (tubo-brid)		51.6
	Pases Acabado (tubo-brid)		120
	Transporte a AST		10
EST	Preparado (tubo intersección)		27
	Trazos (tubo-interseccion)		39
	Nivelado y med. (tubo-interseccion)		57
	Apuntalado (tubo-interseccion)		31
	Pase Raiz (tubo-interseccion)		45
	Pase Acabado (tubo-interseccion)		121
	Transporte a Control calidad		9
QC	Control dimensional		48
	Tintes penetrantes		40
	Rayos x (RX)		30
	Prueba Hidrostatica (PH)		48
R	Reparación		0
	Transporte a pintura		13
			850.6

Fuente: Información simulada de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

La figura 45 revela el tiempo de flujo de proceso de fabricación de spool de 850.6 minutos, con un tiempo de ciclo de 121 minutos el cual influye en gran manera a reducir el tiempo de producción en 28% del proceso general.

6.1.6 Implementación de Herramientas Lean.

La empresa metalmecánica ha tenido una prospera evolución productiva a través de los años, implementando mejoras cada vez más exigentes dentro de la organización prueba de ello es la certificación de calidad ISO 9001: 2008, esto gracias a una gestión basado en la mejora continua, así como dándole importancia a la capacitación y entrenamiento de sus colaboradores. Utilizando esa misma iniciativa organizacional proponemos la implementación de un programa de capacitación de algunas herramientas lean que consideramos las más necesarias como 5S, jidoka, kanban, andón, como se describe en la tabla 15. Para conseguir que la modelación de la nueva disposición de planta sea optima se capacitara al personal a través de cursos con el propósito de obtener un impacto favorable para la organización. Esta implementación se realizará siguiendo algunos pasos esenciales a considerar.

Tabla 40. *Implementación de Herramientas Lean- Proyectada*

Implementación de herramientas lean		
Item	Ruta a seguir	Acciones
I	Responsable	Elegir una persona
II	Capacitación	Dictar cursos - taller
III	Ejecución	Poner en marcha
IV	Auditoria	Revisión de resultados
V	Retroalimentación	Repotenciar temas debiles
VI	Mantenimiento y mejora	Conservar y buscar mejoras

Fuente: LM center (2009).

Elaboración: Los investigadores.

En la tabla 40 notamos los pasos principales que realizamos para la implementación de las herramientas lean considerados en esta investigación.

a) 5 "S"

Esta herramienta se usa a merced de la tabla 15 y 16 donde señala la herramienta a usar para cada causa que origina el problema de la investigación, así como las frecuencias de fallas ocurridas originando estas causas respectivamente.

Tabla 41. *Herramienta 5 S vs Causa del Problema*

Item	Causas - problema	Herramientas	Frecuencia
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	5 S	293

Fuente: Información de empresa.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 41 entendemos que la causa del problema general relacionado al desorden de materiales y productos en proceso se podrían mitigar gracias a la herramienta 5 S, esta causa se generó debido a 293 ocurrencias o incidentes relacionadas con el tema en mención registradas en un periodo de un año. Cabe señalar que un porcentaje de esta causa es debido a fallas en las actividades de fabricación dejando así al material en observación no permitiéndole seguir avanzando en el proceso siendo desplazado a una zona de “spool en proceso” causando así el desorden en la planta. Para iniciar con el proceso de implementación se seguirá los pasos descritos en la tabla 35, es importante la participación directa de los técnicos en los papeles de responsabilidad para cada herramienta lean. En el punto ya de la ejecución, después de que todas las personas involucradas hayan sido capacitadas se iniciaran por:

I) Establecer el alcance de la herramienta

De acuerdo con los criterios establecidos en la tabla 15 que señala su aplicación para determinada causa, y ello implica que es aplicable en todas las estaciones de producción donde se perciba desorden y suciedad.

II) Preparar una zona provisional para eliminar los desperdicios

Este espacio servirá para sacar todos los elementos que no se usan en la planta, así como spools en proceso y materiales que están almacenados en el área que debiera servir solo para actividades de producción.

III) Clasificar y ordenar lo necesario

Una vez ya dispuesto el área de elementos de función dudosa dentro de la planta se inicia a limpiar el área totalmente y clasificar los equipos, herramientas que se usará en cada estación de trabajo de tal manera que la disposición para cada estación de trabajo quede de acuerdo a la configuración dada en la definición de las estaciones.

IV) Evaluación piloto de 5S

Luego de realizar todo este proceso de limpieza, eliminación, clasificación y organización de la planta se someterá un periodo corto de pruebas de funcionamiento que pueden ser 20 días, esto nos dará una visión de los puntos y/o herramientas y equipos que tenga deficiencia de ubicación ya sea por su uso frecuente o no. Con ello podremos realizar los ajustes para continuar con el programa de implementación.

V) Estandarizar los resultados

Luego de verificar el funcionamiento óptimo de la herramienta se puede redactar un manual de procedimiento de las actividades en donde se incluirá todos los factores puestos en marcha con esta herramienta, es decir se normaliza las ubicaciones de los elementos en las estaciones asegurando que se mantengan gracias al responsable de cada estación de trabajo, quien tendrá toda la libertad de buscar mejoras que le permitan un mayor confort en su actividad.

b) Kanban

El kanban es una de las herramientas indicadas por su característica de sincronizar diversos procesos paralelos, así como servir de GPS a todo producto en proceso, de tal que manera gracias a formatos y tarjetas se ubica y/o nos proporciona la información totalmente del estado del producto tanto a los trabajadores como a las personas ajenas a la producción que podrían estar en alguna diligencia de auditoria o visita de los clientes. En la investigación buscamos mitigar estas causas.

Tabla 42. *Herramienta Kanban vs Causa del Problema*

Item	Causas - problema	Herramientas	Frecuencia
1.2	mala sincronización entre las áreas	Kanban - jidoka	59
3.1	Falta de stock de materiales	kanban - andón	102
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	kanban	85
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	kanban	146

Fuente: Información de la empresa.

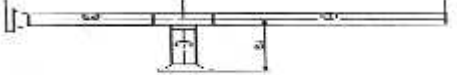
Elaboración: los investigadores.

De la tabla 42 notamos que 59 incidencias y fallas de la producción se debieron por motivos de mala sincronización entre las áreas, así como 102 reclamos y/o

retrasos por falta de materiales esto debido a que logística no reservo la compra de dichos materiales a tiempo, así también verificamos 85 reportes de incidencia de demoras por la falta de disponibilidad de montacargas, y 146 por la escasa disponibilidad del puente grúa. Estas incidencias mencionadas generan un impacto en la producción debiéndose tratar con un criterio equilibrado buscando reducir estas incidencias. La implementación de esta herramienta lea será de acuerdo al orden de la tabla 40. Durante la implementación de esta herramienta se debe tener en cuenta:

- l) Todo material que ingrese al área de spool se le asignará una tarjeta o formato, en el cual indique nombre del proyecto, Schedule, estaciones por las que pasará en su fabricación, responsable de cada estación, dimensionamiento y/o tolerancias con las que se deja después de cada proceso desarrollado en cada estación, orden de trabajo (WO) etc. Esta tarjeta kanban es como el DNI de las spools, que hará identificar a cada producto durante su proceso.

Figura 46. Formato Kanban (Proyectada)

Tarjeta #	452	Orden de Trabajo (WO)	504 - 0012		
Datos del producto	Spool acero A36				
Proyecto	Talara				
schedule	SCH 40				
Estación:	Responsable/ firma	Dimensionamiento / Tolerancias	Comentarios	Proceso	
Ensamble rotado	Tec. Medina ...	(+ .) 3mm	Sin novedad	Ensamble	x
Soldadura rotada	Soldador Fernandez...			Soldadura	x
Ensamble tridimensional				Ensamble	
Soldadura tridimensional				Soldadura	
Control de calidad				QC	
Reparación				Reparacion	

Fuente: Los investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

De la figura 46 se tiene los datos relevantes de un spool en la tarjeta kanban, se observa que ya pasó por las estaciones de ensamble rotado y soldadura rotada, así como los técnicos responsables de cada proceso. Los dimensionamientos y tolerancias con las que está caminando este producto. Los procesos a que serán sometidos, así como sus accesorios

se encuentran en el plano del spool que debe ir adosada a esta tarjeta kanban.

- II) En cada estación de trabajo en un lugar visible también habrá un formato de registro de fabricación del spool adjuntas en los anexos 7 - 11, con las ordenes de trabajo de cada spool, en el cual el técnico después de terminar la actividad correspondiente debe marcar con un visto o un aspa la orden de trabajo realizada. Así cuando el formato de registro de cada estación ya está lleno de los vistos a todas las ordenes de trabajo (WOs) entonces el asistente administrativo sacara este formato de cada estación previa firma del supervisor de la vía de producción correspondiente, pero si faltase marcar alguna WO, se hará el seguimiento para ubicar su estado y verificar por qué no ha pasado por la estación correspondiente previa coordinación con los operadores de puente grúa y montacargas quienes manipulan los materiales para el ingreso a la vía de producción. De esta manera cualquier persona con tan solo tener el número de la orden de trabajo o WO puede ubicarlos en los formatos de cada estación y verificar si ya se ejecutó o no la actividad correspondiente a determinada estación determinando así la etapa de la fabricación en que se encuentra. Los supervisores también manejaran un formato de avance de producción adjunta en el anexo 12 donde se indica las órdenes de trabajo con sus determinados procesos en un diagrama Gant.
- III) Para que el sistema de producción sea continuo esta debe tener un soporte de mantenimiento de equipos y herramientas, evitando producir un alto en la producción, para ello es necesario tener un plan de mantenimiento para los equipos críticos, que sirva de respaldo estos incidentes que pudiera ocurrir. Para los equipos y herramientas se usa un formato de check list que se puede ver en el anexo 13 Y 14. Todo responsable de la estación en el cambio de turno debe realizar una revisión de todos los equipos y herramientas, informando alguna anomalía de ello al técnico responsable del siguiente turno para monitorear y solucionar el problema en coordinación con personal de mantenimiento, ello debe quedar registrado en el formato. Los supervisores también tienen la responsabilidad de que lo mencionado líneas arriba se lleve a cabo, así como registrarlo en un formato de cambio de turno señalado en

el anexo 15. Otro tema importante mencionar es la pérdida y extravió de herramientas de la estación que se viene suscitando constantemente lo cual demanda una acción correctiva siguiente: Si bien es cierto que los equipos y kits de herramientas son de la estación no obstante los trabajadores frente a estos carecen de sentido de pertenecía. Debemos darle responsabilidad de pertenecía de las herramientas y equipos a los trabajadores de cada estación y ello se controlará con el check list del cambio de turno descrito líneas arriba.

- IV) Otro aspecto que contempla el kanban es la reserva de materiales e insumos para que su escasez no produzca una parada en las vías de producción. Esto se controlará estableciendo un mínimo de materiales e insumos en las estaciones similar al formato mostrado en el anexo 16 correspondientes a los insumos, y con relación a los materiales se debe establecer un mínimo de 20 órdenes de trabajo en el almacén temporal (AT) que satisfaga el ritmo de la fabricación de 2 turnos de trabajo. En el anexo 17 también se muestra un formato de reserva de gases para soldadura, en ambos casos existe un cuadro de revisión periódica de la correcta veracidad de la información textual vs física de la reserva del mismo, motivo por el cual no debe suceder incidencias de falta de materiales, gases o consumibles durante cualquier turno, ya que existe un stock mínimo que el responsable debe advertir para tomar medidas correctivas evitando llegar a una parada de producción.

c) Jidoka

Jidoka es una herramienta lean que usaron muchas organizaciones grandes como Toyota, quienes lo conceptuaron como “automatización con pensamiento inteligente” esto implica la existencia de técnicos inteligentes capaces de detectar errores en la producción. De la misma manera de las anteriores herramientas la implementación se realizará de acuerdo a la tabla 39. Entre los objetivos de esta herramienta está la verificación de la calidad integrada al proceso, definición de parámetros óptimos de calidad y buscar mecanismos para detectar anomalías en el sistema. Esta herramienta debe liderarla la sección de control de calidad haciendo que todos los miembros de las vías de producción tengan una visión comprometida con la calidad del producto desde el inicio hasta el final del proceso. Es necesario señalar que la nueva metodología de la producción en

spool propone un monitoreo de QC más dinámico y flexible en sus funciones, ya que la función debe iniciarse con los proveedores de materiales, así como en las áreas logísticas, luego en habilitado las inspecciones de control de calidad deben ser exigentes cada vez más.

Con esta propuesta de implementación buscamos mitigar estas causas relacionadas con la herramienta.

Tabla 43. *Herramienta Jidoka vs Causa del Problema*

Item	Causas - problema	Herramientas	Frecuencia
1.2	mala sincronización entre las áreas	Kanban - jidoka	59
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	jidoka	182
5.3	Demora en una actividad	jidoka - andón	111

Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 43 se puede observar como la más relevante causa que origina la demora en una actividad, es crítico en el tiempo de producción, pues se pretende justamente mitigar esa demora al máximo posible.

- I) En la primera estación, almacén temporal (AT) quienes hacen el primer filtro de calidad bajo la tutela de inspectores de QC son los maniobristas ingresando los materiales y accesorios a las estaciones de producción, este filtro es importante ya que de lo contrario se descubrirá alguna anomalía recién en la primera actividad a cargo de los técnicos ensambladores parando así la actividad, sacando el material a un lugar de observados para su devolución o a la espera de medidas correctivas retrasando así al flujo del proceso. Detectar lo más antes posible los errores y anomalías debe ser una filosofía en la implementación de esta herramienta en esta etapa inicial de la producción. Esta revisión y verificación de los materiales en el almacén temporal debe coincidir con los materiales y accesorios que muestra el plano de la orden de trabajo (WO) correspondiente donde se incluirá al plano de fabricación una tarjeta kanban como identificación del grupo de materiales y accesorios correspondientes a la orden de trabajo a realizar.

- II) Una de las acciones propuestas se centra también en la inspección en situ antes, durante y después de cada actividad ya sea de ensamble, soldadura en todo sus tipos en cada estación, es así como las funciones de los inspectores de calidad no esperaran al final del proceso para realizar la inspección final sino irán asegurando la calidad acompañando al producto en sus diversas etapas de fabricación, no será necesario muchos inspectores ya que ellos lideraran esta inspección adjuntando la ayuda de los técnicos involucrados en la fabricación. Para el ensamble deben considerar tolerancias de dimensiones lineales de los spools, espacio de las juntas para el soldeo que debe ser uniforme y 1/8" aproximadamente según detalle del plano del spool, deformidades que puedan presentar el tubo y accesorios anexos a la orden de trabajo en revisión, etc. En la soldadura considerar los procedimientos y condiciones de la actividad como temperatura de calentamiento para tubos con espesores mayores a 1/2 ", los rangos de amperajes y voltaje de los equipos con que se realiza la operación es otra de los controles a realizar por los inspectores, la correcta nivelación de las juntas, sobre montas, socavaciones del cordón de soldadura son controles que se debe realizar en la misma estación de soldadura y no al final de la vía. La prueba de tintes penetrantes se realizará en la misma estación de soldadura.
- III) Esta implementación jidoka propone que el producto en proceso al llegar a la estación de QC solo es para pruebas de radiografía (RX), prueba hidrostática (PH), (RT), (UT), etc. ya que el control dimensional inspección visual ya se realizó a lo largo del proceso. Para los productos que pudieran ser observado en algún control y fase del proceso tendrán dos opciones, la primera dirigirlo a la estación de reparación para su arreglo o de lo contrario necesita de actualizaciones de otras áreas de producción, en ese caso el spool esperara 24 horas dentro de la estación, si al cabo de ese tiempo no existe solución es retirado de la vía de producción a un espacio denominado observados ubicado fuera de la nave o planta de producción. Estos spools observados estará registrado y señalado en lugar visible a través de un formato de observados similar al anexo 18 donde se registra el número de la WO, comentario de la razón por la cual ha sido observado, diámetro del spool, longitud, fecha de observación. De

esta manera se lleva registrado y monitoreando el tiempo en que permanecerá ahí, el supervisor de cada vía de producción es responsable de hacerle seguimiento a este spool que sea observado presionando a las áreas responsables de su observación para que actualicen y levanten la observación.

d) Andón

Esta herramienta busca contribuir monitoreando de manera visual el estado de la producción de las vías de producción propuestas. Considerando la tabla 39 para el orden de la implementación de esta herramienta buscando siempre reducir o mitigar totalmente las incidencias que generan las causas relacionadas a esta herramienta detallada en la tabla 43.

Tabla 44. *Herramienta Andón vs causa del problema*

Item	Causas - problema	Herramientas	Frecuencia
3.1	Falta de stock de materiales	kanban - andón	102
5.3	Demora en una actividad	jidoka - andón	111

Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 44 se interpreta como la existencia de 111 incidencias de demora de alguna actividad productiva producto de que las estaciones se quedan sin órdenes de trabajo (WO) por procesar, ello genera por tanto un tiempo de demora en la fabricación de spool. Por otro lado, la falta de stock de materiales con 102 incidencias anuncia una parada en la producción, lo cual sucede no exactamente porque no hubiera material en el almacén en algunos casos sino por una mala desinformación de abastecimiento de las secciones de producción. Mejorar la comunicación visual es una de nuestras propuestas entre las etapas de producción, mantenimiento y control de calidad, los colores serán nuestros lenguajes a utilizar quien emitirá el estado del material, equipo, estación de trabajo etc. Utilizaremos el siguiente código de colores:

Tabla 45. Código de Colores

Codigo de colores				
	Estaciones		Equipos	QC
Rojo	No hay material	Los técnicos estan parados sin hacer nada	Averiado	Observado
Amarillo	Hay poco material	No hay WO en espera x procesar, solo los que estan procesando		
Verde	Hay suficiente material	mas de 4 WO por procesar	Disponible	Liberado

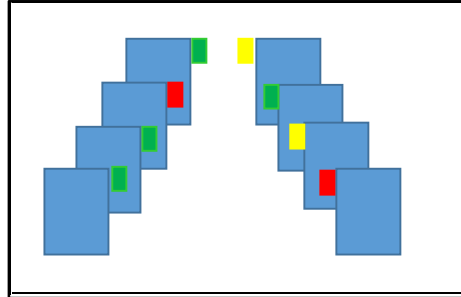
Fuente: Los Investigadores.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 45 se tiene que el color rojo es un indicativo para las estaciones de producción, símbolo de que no hay material, para mantenimiento significa que el equipo con ese distintivo esta averiado, así como para control de calidad significa que el material o producto en revisión esta observado o por el contrario si el spool está con un sticker verde significa que el producto está liberado del proceso listo para ingresar a la siguiente área como muestra la figura 48. Cabe señalar que estos stickers si se usa en la actualidad razón por la que debe mantenerse. De igual manera el amarillo solo tiene un significado en las estaciones de producción y significara alerta, que solo queda poco material; el color verde es símbolo de suficiente material para producción, equipo o herramienta disponible y en buen estado para mantenimiento y liberado listo para la siguiente etapa para control de calidad. Para el caso de producción se puede usar unas tablillas de 150mm x 200mm, para mantenimiento podría usarse cartón o acrílico de 100mm x 100mm y para control de calidad se debe usar stickers autoadhesivo de 50mm x 50mm.

- I) Los supervisores de las vías de producción podrán visualizar la tablilla de color colgadas a un extremo de cada estación mostrando el estado de abastecimiento según actividad que desarrolla (Fig. 43), así el supervisor podrá controlar que no haya tiempos improductivos. También podrá identificar los equipos averiados al ver algún distintivo rojo en alguno de ellos y tomar las acciones de coordinación con mantenimiento para solucionar el caso. Otra ventaja es que podrá observar los spools observados y liberados por los inspectores de control de calidad llevando un control más seguro y dinámico de la vía de producción.

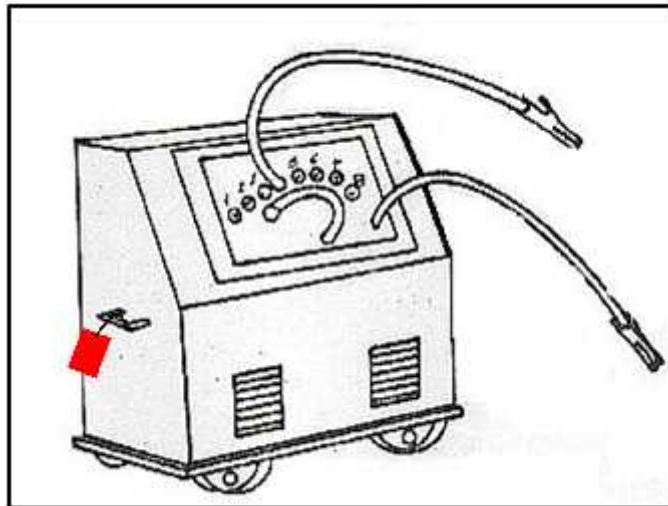
Figura 47. Estaciones Señalizadas



Fuente: Herramientas Andon.

Elaboración: Los investigadores

Figura 48. Máquina de Soldar Averiada



Fuente: Mailxmail (2009).

Elaboración: los investigadores.

Figura 49. Spool Liberado



Fuente: FIMA (2010)

Elaboración: Los investigadores.

- II) Los maniobristas son los protagonistas también de este procedimiento bajo esta herramienta lean ya que son los centinelas de que las estaciones no lleguen a tener esa tablilla roja colgada a un lado, signo de que la estación se encuentra sin materiales y los operarios y técnicos por ende están generando tiempos muertos., así mismo son las personas quienes dan aviso al supervisor de la ubicación de los equipos con una tarjeta roja signo de avería o inoperatividad del mismo, también son los más interesados en identificar los spools con stickers rojo (observado) o verde (liberado) para poder desplazarlos y ubicarlos en lugares para la siguiente etapa de producción.
- III) Así como los maniobristas y supervisores, los técnicos de cada estación así como personal de mantenimiento son los más importantes para que inicie el flujo de esta comunicación visual ya que son los primeros en identificar que no haya materiales u órdenes de trabajo por procesar y ver qué equipo u herramienta esta averiado e inoperativo, la información a tiempo de este grupo de talento humano es neurálgico, motivo por el cual llevar a un plan de capacitación en estas herramientas a todo el personal involucrado en la producción es necesario.
- IV) Las herramientas de las estaciones constantemente se pierde, esto origina que los trabajadores tomen un tiempo en buscarlo para continuar con la actividad, este tiempo improductivo se adiciona cada día más generando demora en la actividad, a esto proponemos darle sentido de

responsabilidad a los trabajadores, es decir que los trabajadores mientras permanezcan en una estación de trabajo, son los responsables absolutos de la pérdida de alguna herramienta, obligándoles a reportar su avería inmediata ya que no debe perderse porque cada estación tiene su kit de herramientas según la cantidad de técnicos.

e) Impacto de las herramientas lean

Después de seguir el orden descrito en la tabla 39 para la implementación lean conjuntamente con las experiencias recogidas a lo largo de la investigación y opiniones de profesionales ligados a la actividad del rubro metalmeccánico coinciden en que el rango en el cual gravita el impacto de las herramientas lean en cualquier proceso pueden alcanzar 60% - 75% de mejora en etapas iniciales, esta misma. Para nuestro caso hemos asumido una mejora del 60% en una etapa inicial esperando mejorar paulatinamente conforme se vaya acrecentando la cultura lean en la filosofía de los trabajadores, todo proceso de implementación no es tan rápido como podríamos pensar erróneamente, sino demanda varias etapas de integración y actualizaciones continuas generadas sobre la base de implementación que se propone.

Tabla 46. *Impacto de Implementar Las Herramientas Lean*

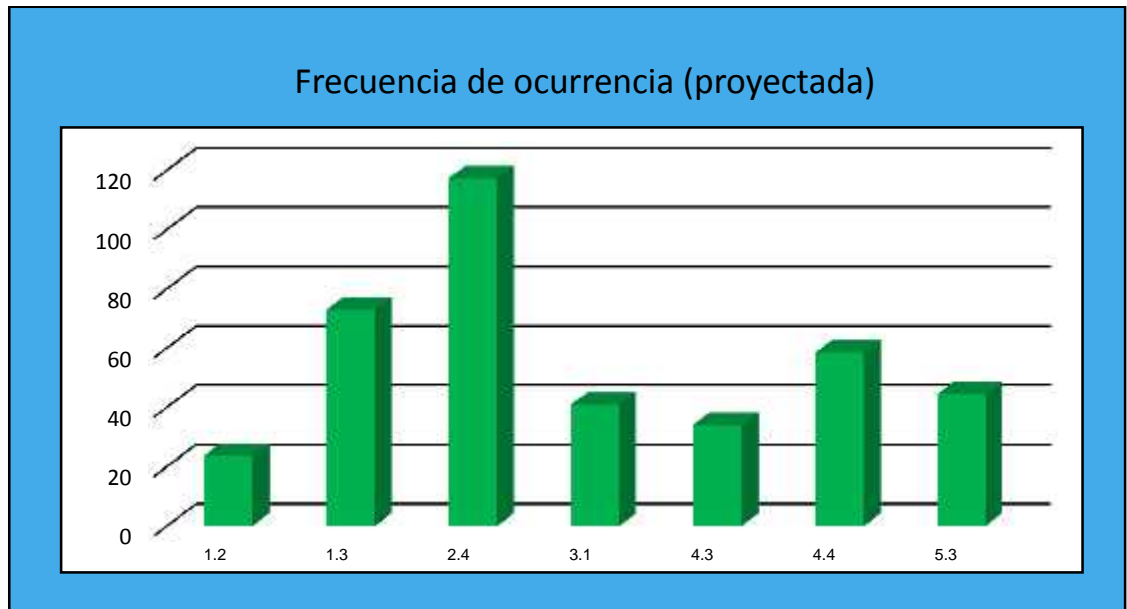
Item	Causas Principales Del Problema	Proyectada
1.2	Mala sincronización entre las áreas	24
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	73
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	117
3.1	Falta de stock de materiales	41
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	34
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	58
5.3	Demora en una actividad	44

Fuente: Datos de simulación.

Elaboración: Los investigadores.

En la tabla 46 nos muestra el impacto que tuvo las herramientas lean en las causas del problema en una etapa inicial del primer semestre de implementado, es preciso señalar que la implementación es todo un proceso de persistencia en perseguir un desafío prospectivo de la producción.

Figura 50. Frecuencia de Ocurrencias (Proyectada)



Fuente: Datos de simulación.

Elaboración: Los investigadores.

De la figura 50 podemos percibir el 60% de reducción de incidencias en los problemas que originan las causas señaladas, el más considerable es el tema de desorden, no está demás señalar este es un factor que todas las empresas sin excepción luchan por mitigar. Este escáner visual que muestra el impacto de las herramientas lean debe corresponder a la etapa inicial del proyecto que debe mejorarse con ajustes en la metodología de la implementación.

6.2 Producción Spool - Proyectada

Para la nueva configuración de la planta se ha calculado la producción basado en el DAP mejorado de la figura 40, el cual nos mostraba una reducción del tiempo de flujo de la producción de 1175 minutos a 850.6 minutos que representa una reducción del 28% aproximadamente.

Tabla 47. *Producción de Spool (Proyectada)*

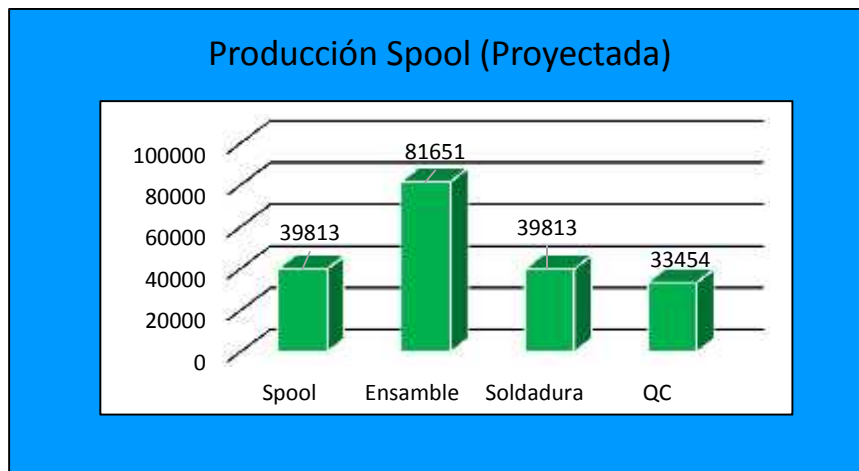
Producción planta de spool proyectada	
Tiempo de flujo	850.6 min
Tiempo de ciclo	121 min
Cap Prod. Planta (u)	3.0 spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0 PD
Cap Prod. Planta (PD)	107.1 PD-hora
Produccion/dia	2056 PD
Produccion/mes	45242 PD
factor de disponibilidad	0.88
Producción ajustada	39813 PD

Fuente: Información de empresa proyectada

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 47 notamos una producción modelada es de 39 813 PD (pulgadas diametrales) mensuales que el área de fabricación de spool podría producir con la propuesta de disposición detallada capítulos anteriores.

Figura 51. *Producción de Spool (Proyectada)*



Fuente: Información de empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La figura 51 revela gráficamente la producción anual de spool de 477 756 PD, en sus diferentes etapas de producción nótese que ensamble es el que tiene mayor potencial productivo.

6.2.1 Cálculo de Producción de Ensamble (Proyectada)

Si bien es cierto que mostramos un cálculo de producción de ensamble y soldadura de manera separada ello no indica que los spools son entregados solo ensambladas, solo usamos los cálculos para el análisis de las secciones que comprende todo el proceso de fabricación de spool. Para el cálculo de producción se ha considerado también el factor de mejora que aporta las herramientas lean en un 60%, ello con la plena confianza de incrementar esta cifra porcentual a lo largo del desarrollo del proyecto.

Tabla 48. *Producción de Ensamble (Proyectada)*

Producción ensamble proyectada		
Tiempo de flujo	315	min
Tiempo de ciclo	59	min
Cap Prod. (u)	6.1	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	
Cap Prod. Planta (PD)	219.7	PD-hora
Produccion/dia	4217	PD
Produccion/mes	92785	PD
factor de disponibilidad	0.88	
Producción realista	81651	PD

Fuente: Información de empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 48 muestra un nuevo tiempo de ciclo de 59 minutos lo cual es favorable para el proyecto, así como una producción de 81 651 PD que podrían generarse después de implementar la nueva configuración de la DP. En estas estaciones son los niveles más altos de producción a diferencia de los demás sin embargo también las que mayor incidencia ha tenido, por ello al implementar el proyecto se debe considerar un criterio flexible.

6.2.2 Cálculo de producción de soldadura (proyectada)

La etapa de la soldadura en la fabricación marca el tiempo de ciclo de todo el proceso, ello nos indica la importancia que tiene en la producción de spools. Se ha calculado la producción de soldadura buscando una mejora.

Tabla 49. *Producción de Soldadura (Proyectada)*

Producción soldadura proyectada		
Tiempo de flujo	370.6	min
Tiempo de ciclo	121	min
Cap Prod. (u)	3.0	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	
Cap Prod. Planta (PD)	107.1	PD-hora
Produccion/día	2056	PD
Produccion/mes	45242	PD
factor de disponibilidad	0.88	
Producción realista	39813	PD

Fuente: Información de empresa proyectada

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 49 muestra una producción de soldadura de 39 813 PD mensuales, similar a la tabla 46, esto se debe a que soldadura posee el tiempo de ciclo de todo el proceso y eso obviamente se ve plasmado de esta manera. Si bien la producción de ensamble y soldadura varían considerablemente ello muestra solo las potencialidades que tiene como reserva para balancear posteriormente conforme se observe como se va moviendo los resultados conforme la implementación este en marcha, es decir esto son cifras que responden a un cálculo a groso que debe ajustarse una y otra vez conforme se ponga en camino el proyecto de implementación propuesto.

6.2.3 Cálculo de Producción QC (Proyectada)

Si bien la función de control de calidad es clave en la producción, en esta nueva configuración de DP las funciones de control de calidad serán más dinámicas como detallamos en capítulos anteriores, pese a que el tiempo de flujo no ha variado mucho, pero hace frente la producción global de la planta.

Tabla 50. *Producción de QC (Proyectada)*

Producción control de calidad proyectada		
Tiempo de flujo	179	min
Tiempo de ciclo	48	min
Cap Prod. (u)	2.5	spool/hora
Cantidad PD de spool	36.0	
Cap Prod. Planta (PD)	90.0	PD-hora
Produccion/día	1728	PD
Produccion/mes	38016	PD
factor de disponibilidad	0.88	
Producción realista	33454.08	PD

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 50 muestra la producción realista de 33 454 PD que podría aportar QC en el proceso de fabricación del producto, notamos que esta cifra hace frente la producción total del área pudiendo en lo sucesivo como indicamos anteriormente balancear con determinados ajustes luego de iniciar la implementación.

6.3 Productividad Spool (Proyectada)

Tomado como referente los datos de los cálculos de la productividad actual y las proyecciones de ventas de la organización hasta el año 2020, se calculó la productividad esperada de spool con la configuración propuesta y una nueva metodología de producción, quien arroja cifras crecientes detalladas en el sub capítulo anterior.

Tabla 51. *Productividad de spool (proyectada)*

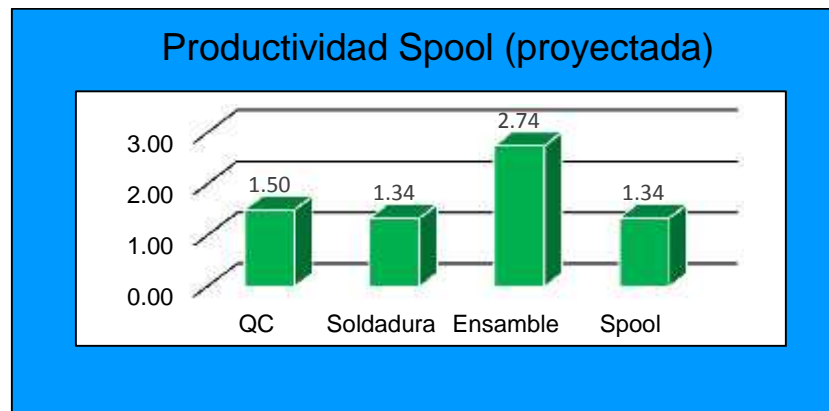
Productividad - spool	
	Proyecto
Ventas	\$ 53,297,751.67
Múltiples factores	\$ 39,823,214.88
Productividad - spool	1.34

Fuente: Información de empresa proyectada

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 51 la productividad esperada se eleva a 1.34 lo cual nos da buen indicio de éxito de implementarse esta propuesta, este indicador es importante porque nos dice que tanto es favorable determinado proyecto o proceso de producción, ahora bien, podemos entender que la productividad se incrementa, pero se debe cuidar sigilosos estos indicadores a buena cuenta de tratar de mantener o incrementar cada vez con los ajustes que exigirá.

Figura 52. Productividad de spool (proyectada)



Fuente: Información de la empresa proyectada

Elaboración: Los investigadores.

6.3.1 Cálculo de Productividad de Ensamble (Proyectada)

En esta etapa de la producción la productividad es más robusta con relación a las demás etapas productivas. Se calculó la productividad de manera parcial considerando un valor porcentual de sus factores múltiples que influyen en las actividades de esta etapa productiva.

Tabla 52. Productividad de Ensamble (Proyectada)

Productividad - Ensamble	
	Proyecto
Ventas	\$ 38,257,231.37
Multiples factores	\$ 13,938,125.21
Productividad - Ensam	2.74

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 52 muestra una productividad de 2.74 que corresponde a la etapa de ensamble que incluye sus diferentes tipos, ensamble rotado y ensamble tridimensional. Esta cifra de productividad es muy alto motivo suficiente para considerar el potencial que posee esta etapa productiva.

6.3.2 Cálculo de Productividad de Soldadura (Proyectada)

Se calcula la productividad de soldadura que incluye las actividades de soldadura rotada y soldadura tridimensional, utilizamos para esto los datos

múltiples factores porcentuales recogidas durante la investigación y corroboradas con los supervisores de la empresa. Monitorear este indicador de esta etapa del proceso es esencial ya que al poseer esta etapa el tiempo de ciclo mayor al de los demás identificará a proceso en general.

Tabla 53. *Productividad de Soldadura (Proyectada)*

Productividad - Soldadura	
	Proyecto
Ventas	\$ 26,115,898.32
Multiples factores	\$ 19,513,375.29
Productividad - Soldad	1.34

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 53 muestra la productividad esperada de soldadura de 1.34 percibiendo un incremento con relación a la productividad actual, considerando que el indicador de soldadura lidera la variación en toda la planta de spool es necesario tener mayor atención al iniciar la implementación de la propuesta.

6.3.3 Cálculo de Productividad de QC (Proyectada)

La productividad de QC está remarcado por las funciones más dinámicas que deberá tener los miembros explicadas detalladamente en subtítulos anteriores. Al igual que los anteriores índices de productividad importantes para el proceso es necesario también evaluar este indicador de calidad ya que no es un cociente de productos buenos entre productos procesados sino es un indicativo de múltiples factores que incluye la producción como: mantenimiento, costos, insumos etc. Llevados a una sola unidad. En la siguiente tabla muestra los resultados del cálculo de la productividad.

Tabla 54. *Productividad de QC (Proyectada)*

Productividad - QC	
	Proyecto
Ventas	\$ 7,165,591.08
Múltiples factores	\$ 4,778,785.79
Productividad - QC	1.50

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 54 visualizamos la productividad esperada de QC de 1.5 que asciende positivamente con relación al cálculo anterior del estado actual, estos incrementos en los índices se podrían obtener en la etapa inicial de la implementación.

6.4 Análisis Financiero Proyectada.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. PMBOK (2013). Este resultado único son las mejoras esperadas en la productividad de la empresa metalmecánica, ello a consecuencia de una inversión aplicada y gestionada de manera óptima. La mayoría de los proyectos esperan una tasa de rentabilidad del 15% en promedio, cifra que asumiremos que la empresa metalmecánica espera. Así mismo el horizonte del proyecto es de 4 años aproximadamente, sin embargo, no significa que al 2020 se vaya a terminar el proyecto, contrariamente debe ser sostenible. Esta mejora continúa demanda de un proceso constante y perseverante de mejoramiento que debe ser ajustado y auditado hasta que forme parte de la cultura y principios de trabajo de la organización. Una vez mencionado esto algunos criterios que ha de servir para tomar decisiones posteriormente serán los indicadores financieros, aquí presentamos algunos detalles de la inversión y resultados encontrados.

6.4.1 Inversión de la Propuesta

La inversión que exige la propuesta está determinada por 4 ítems principales, entre ellos tenemos a los costos de capacitación, costo de la MO de los trabajadores por ser capacitados, costo de los materiales que se usará en la

implementación, costo de maquinarias y equipos que faltan para completar la configuración de las vías de producción.

Para la capacitación, mostrada en el anexo 19, se considera a todas las personas involucradas en la producción como supervisores, técnicos y auxiliares administrativos. Estas clases de capacitación se harán en horas permisibles de baja carga de trabajo incluyendo los sábados, pidiéndole la colaboración al personal que su asistencia es vital. También se muestra en el anexo mencionado el costo de la mano de obra del personal que se pierde por ser capacitados. Estas capacitaciones de las herramientas lean tiene un costo mostrados detalladamente en el anexo 20.

El costo de los materiales que se usará para implementar las herramientas lean se describe en el anexo 21, tales como las tarjetas kanban, stickers de color y señalización de las estaciones que exige la herramienta andón.

Las maquinarias y equipos que se necesitara después de cruzar información con la tabla 6 y considerando lo que nos faltaría para implementar la nueva configuración de la DP se muestra en el anexo 22.

Todo este conjunto de costos mencionados párrafos arriba comprende la inversión a realizar para implementar la nueva disposición de planta propuesta, para tal efecto mostramos el resumen de la inversión.

Tabla 55. *Inversión de la Propuesta*

Inversión Proyectada	
Capacitación	\$ 22,400.00
MO x capacitar	\$ 20,688.00
Materiales H. L.	\$ 6,750.00
Maq. Y Equipos	\$ 144,620.00
Inversión infraest	\$ 400,000.00
Mantto proyecto	\$ 500,000.00
	\$ 1,094,458.00

Fuente: Información recabada proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

En la tabla 55 podemos ver los conceptos de las inversiones que se realizaría en el proyecto, nótese que la inversión de infraestructura de \$ 400 000 que corresponde a los acondicionamientos de las estaciones de trabajo, separadores, construcción de la nueva entrada posterior al área entre otros.

Seguidamente está la inversión en el mantenimiento de \$ 500 000 anuales para prevalecer el proyecto a lo largo de los próximos años.

Teniendo un panorama favorable y optimista para los próximos periodos es necesario analizar el plan de inversión.

Tabla 56. *Plan de Inversión del Proyecto*

Plan de Inversión del Proyecto					
Activos	2016	2017	2018	2019	2020
Capacitación herramientas lean	\$ 29,150.00				
Materiales herramientas lean	\$ 20,680.00	\$ 21,200.00	\$ 21,880.00	\$ 22,580.00	\$ 23,300.00
inversión Maquinaria y equipo	\$ 144,620.00				
Inversión infraestructura	\$ 400,000.00				
Inversión en manito - proyecto	\$ 500,000.00	\$ 512,500.00	\$ 528,900.00	\$ 545,820.00	\$ 563,290.00
Total Activos	\$ 1,094,450.00	\$ 533,700.00	\$ 550,780.00	\$ 568,400.00	\$ 586,590.00
Capital de Trabajo	2016	2017	2018	2019	2020
Inversión en capital de trabajo	2779830				
Total Capital de Trabajo	2779830				
Total Inversiones	\$ 3,874,280.00	\$ 533,700.00	\$ 550,780.00	\$ 568,400.00	\$ 586,590.00

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: los investigadores.

En la tabla 56 apreciamos el horizonte inicial del proyecto que consta de 5 años el que registra la inversión en cada año. En el año 2016 que es el año cero se invierte la cantidad mayor de **\$ 3 874 280,00** dólares.

PRESUPUESTO 2016 (\$)

1. Capital de trabajo	27 798.30
2. Maquinaria y equipos	144 620.00
3. Infraestructura	400 000.00
4. Materiales herramientas lean	20 680.00
5. Capacitación herramientas lean	29 150.00
6. Mantenimiento proyecto	500 000.00
	3 874 280.00

6.4.2 Flujo de Caja Proyectada

De la figura 4 que corresponde a un estudio de valorización de la empresa metalmeccánica encargada a una consultoría Latin pacific capital (LPC), se tomó esos datos para realizar proyecciones de venta al año 2020 necesario para el cálculo del flujo de caja del proyecto.

Tabla 57. *Proyección Ventas*

Proyección - ventas	
Año	Ventas
2011	↓ \$28,080.00
2012	↓ \$24,500.00
2013	→ \$30,200.00
2014	↑ \$35,200.00
2015	→ \$33,800.00
2016	→ \$32,473.50
2017	↑ \$36,195.70
2018	↑ \$38,451.40
2019	↑ \$38,678.50
2020	↑ \$39,306.70

Fuente: Latin Pacific Capital.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 57 muestra que en el año 2016 hay una pequeña caída del 4% aproximadamente con respecto al 2015, sin embargo, a partir del año 2017 nuevamente se incrementa las ventas en un 11% con respecto al 2016. Y en los siguientes tres años el incremento es de 5% en promedio aproximadamente.

Tabla 58. *Datos Financieros Generales*

Datos Financieros Generales (\$-000)					
Datos / Años	2016	2017	2018	2019	2020
Ventas proyectadas	\$ 32,473.50	\$ 36,195.67	\$ 38,451.41	\$ 38,678.52	\$ 39,306.75
Spool ventas (60%)	\$ 19,484.10	\$ 21,717.40	\$ 23,070.85	\$ 23,207.11	\$ 23,584.05
Demanda (%)		10%	6%	1%	2%
Ventas increm. (proy.mercado)	\$ 12,989.40	\$ 14,478.27	\$ 15,380.56	\$ 15,471.41	\$ 15,722.70
Producción actual (PD)	181788.00	181788.00	181788.00	181788.00	181788.00
Producción proyecto (PD)	477757.50	477757.50	477757.50	477757.50	477757.50
Producción incremental	177581.70	177581.70	177581.70	177581.70	177581.70
Ventas incrementales (proyecto)	\$ 33,018.36	\$ 33,018.36	\$ 33,018.36	\$ 33,018.36	\$ 33,018.36
Ventas total proyecto	\$ 46,902.79	\$ 46,902.79	\$ 46,902.79	\$ 46,902.79	\$ 46,902.79
Precio promedio \$ x (PD)	\$ 111.56	\$ 115.02	\$ 117.89	\$ 121.67	\$ 125.56
Impuestos	30%	30%	30%	30%	30%
Gastos operacionales	35%	35%	35%	35%	35%
Costo de ventas	60%	60%	60%	60%	60%
Capital de trabajo	32%	40%	40%	40%	40%
Inflación	3.1%	2.5%	3.2%	3.2%	3.2%

Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: los investigadores.

La tabla 58 muestra los datos generales anexos al cálculo del flujo de caja del proyecto. Primero se ubica las ventas proyectadas, estas proyecciones están en virtud de estimaciones de mercado, de ahí se deriva las ventas de spools que corresponde el 60% aproximadamente de las ventas de la empresa metalmecánica, la diferencia resulta en las ventas incrementales proyectadas de la empresa tomando como restricción la demanda de mercado para los siguientes 4 años. Luego tenemos la producción actual, para el cual asumimos su máxima capacidad de producción de 181 788 PD para el periodo proyectado y para la producción con proyecto asumimos también su máxima producción con la nueva DP que asciende a 477 757 PD, por consiguiente, la producción incremental producto de la implementación de la propuesta es de 177 581.7 PD que traducido a ventas sería \$ 33 018 360,00. Ahora bien, para la elaboración del flujo de caja del proyecto estamos tomando como restricción solo la demanda proyectada, es decir solo satisfacer las ventas incrementales producto de las proyecciones de mercado para la empresa metalmecánica, que asciende al monto máximo de \$ 15 722 700,00 teniendo en cuenta que aún nos quedaría un colchón de capacidad producción y ventas de \$ 17 295 660,00. Y por último la información general porcentual de costo de venta, gastos operacionales, impuestos, etc.

Tabla 59. *Flujo de Caja Proyectada*

Flujo de caja del proyectada (\$..000)					
Concepto / Año	2016	2017	2018	2019	2020
Ventas Incrementales	\$ -	\$ 14,478.27	\$ 15,380.56	\$ 15,471.41	\$ 15,722.70
Costo de ventas	\$ -	\$ 8,686.96	\$ 9,228.34	\$ 9,282.84	\$ 9,433.62
Utilidad bruta	\$ -	\$ 5,791.31	\$ 6,152.23	\$ 6,188.56	\$ 6,289.08
Gastos operacionales	\$ -	\$ 2,026.96	\$ 2,153.28	\$ 2,166.00	\$ 2,201.18
Utilidad operativa	\$ -	\$ 3,764.35	\$ 3,998.95	\$ 4,022.57	\$ 4,087.90
Gastos financieros					
Utilidad antes de impuesto	\$ -	\$ 3,764.35	\$ 3,998.95	\$ 4,022.57	\$ 4,087.90
Impuestos (30%)	\$ -	\$ 1,129.30	\$ 1,199.68	\$ 1,206.77	\$ 1,226.37
Utilidad neta	\$ -	\$ 2,635.04	\$ 2,799.26	\$ 2,815.80	\$ 2,861.53
Ahorro x implementar lean manuf		\$ 1,639.86	\$ 1,742.06	\$ 1,752.35	\$ 1,780.81
Inversión capacitación	\$ 22.40				
Inversión materiales lean	\$ 20.68	\$ 21.20	\$ 21.88	\$ 22.58	\$ 23.30
Inversión MO x capacitar	\$ 6.75				
Inversión maq. Y equipos	\$ 144.62				
Inversión infraestructura	\$ 400.00				\$ -
Inversión capital de trabajo	\$ 2,779.83				
Manito proyecto	\$ 500.00	\$ 512.50	\$ 528.90	\$ 545.82	\$ 563.29
Flujo de caja del proyecto	-\$ 3,874.28	\$ 3,741.21	\$ 3,990.54	\$ 3,999.74	\$ 4,055.75

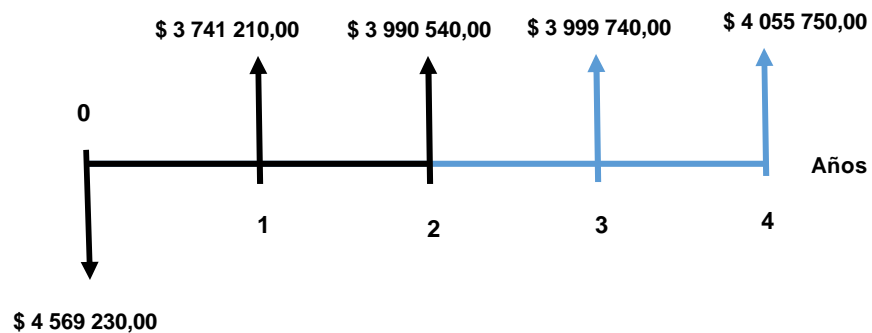
Fuente: Información de la empresa proyectada

Elaboración: Los investigadores

La tabla 59 muestra el horizonte del proyecto, el 2016 es el año cero, ya que es el año donde consideramos se inicia la inversión en la segunda mitad del año, vemos que en este año se hace una inversión de \$ 3 874 280,00 dólares, ya en el siguiente periodo correspondiente al año 2017 la inversión asciende a \$ 533 700,00 dólares aproximadamente y así sucesivamente.

6.4.3 Diagrama de Flujo de Caja Projectada

Figura 53. Diagrama de Flujo de Caja del Proyecto



Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

6.4.4 Evaluación Financiera Projectada

En la figura 52 verificamos el horizonte del proyecto de 4 años fijados por los investigadores, periodo moderado como para hacer del proyecto algo sostenible, cambiando la filosofía de producción de la organización. También podemos ver que el periodo de retorno de la inversión (PRI) se da en el año 2 señalado con líneas de color negro. A partir de esta información evaluamos la propuesta por medio de diversas técnicas de análisis financiero obteniendo resultados que se muestran en la siguiente tabla 59.

Tabla 60. Indicadores Financieros Projectada

Indicadores Financieros	
	Proyectada
TREMA	23%
TIR	61%
VAN	S/. 1,805.03
VAN (Beneficio)	S/. 24,421.92
VAN (Costes)	S/. 14,868.33
B/C	1.64
PRI	1.03

Fuente: Datos de finanzas de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 60 nos revela la Tasa de Rentabilidad Mínima Atractiva (TREMA) de **23%** (Dato proporcionado por área de proyectos de la empresa). Así también la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 61% significa que el proyecto propuesto es factible ya que supera la rentabilidad esperada de solo 15%. El Valor Actual Neto (VAN) es mayor a cero lo que nos dice que el proyecto generará ganancias por encima de la rentabilidad esperada por la empresa. La relación Beneficio Costo (B/C) de 1.6 no dice que el beneficio es mayor que los costos del proyecto, también lo entendemos como por cada \$ 1 dólar invertido en el proyecto obtendremos \$1.6 dólares. Y por último tenemos el Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) de 1.03 que revela que la inversión retornará dentro de 1 año con 2 meses y 15 días aproximadamente, lo cual resulta bastante pronto para los intereses de la empresa metalmeccánica.

6.5 Resumen Comparativo

Luego del análisis integral que se hizo de la situación actual de la empresa metalmeccánica vs propuesta del proyecto de implementación de una nueva DP engranadas con algunas herramientas Lean Manufacturing mostramos un panorama comparativo de toda la información analizada en capítulos anteriores.

6.5.1 Disposición de Planta (DP)

A fin de observar la mejora sustancial en este aspecto de los espacios ocupados efectivamente, como espacios mal utilizados en la planta destinados a la producción señalamos en la siguiente tabla 60.

Tabla 61. *Comparación de Disposición de Planta*

Comparabilidad de la Disposición de Planta (m)					
	Disponible	Utilizada	(%) Utilizada	Mal utilizada	(%) M. U.
DP Actual	2340	993.63	42%	1346.37	58%
DP Proyectada		1911.4	82%	Zona Aux. 428.6	(%) Z. Aux. 18%

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: los investigadores.

De la tabla 61 resaltamos un 82% de utilización efectiva del espacio disponible frente a un 42% del actual dejando un incremento del 48% con

respecto al actual. Este incremento grande muestra la ventaja de implementar una nueva DP. También vemos que los espacios mal utilizados que representaba un 58% del espacio disponible son eliminados y en su reemplazo solo se tendría una zona auxiliar de seguridad y operaciones de acarreo de los materiales que representa el 12% del espacio disponible de la planta.

Figura 54. Layout Actual vs Proyectoada

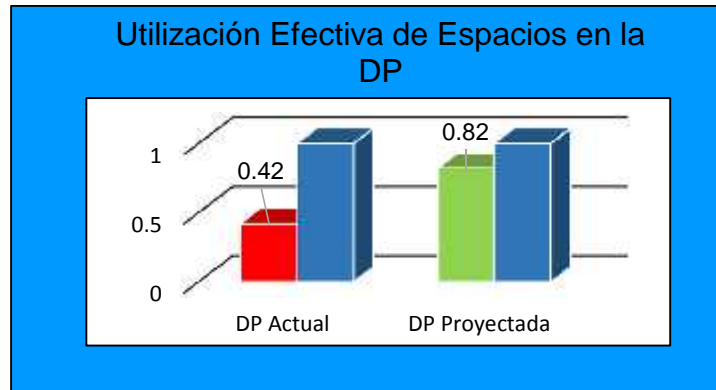


Fuente: Simulación SLP

Elaboración: Los investigadores.

De la figura 54 nos muestra la configuración de la planta de fabricación en dos escenarios, el cual se muestra una diferencia considerable de espacios no utilizados detallados en la tabla 60, nótese que en el escenario de proyecto se crea una entrada en la parte posterior de la planta, mientras que el actual la entrada es por el mismo extremo de la salida.

Figura 55. Utilización Efectiva de Espacios en la DP



Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La figura 55 muestra que 42% es la utilización efectiva de los espacios de la planta en la DP actual frente a 82% de utilización efectiva que tendría en la DP proyecto. Producto de esta variación de DP tenemos una reducción de distancia recorrida por el producto durante su proceso de fabricación que presentamos en la siguiente tabla 61.

Tabla 62. Distancia Recorrida por el Spool

Distancia Recorrida por el Spool			
	Distancia Recorrida	(\$ x m	(\$ Total
DP Actual	172	2.2	378.4
DP Proyectada	79	2.2	173.8
Variación (m)	93	0	204.6
Variación (%)	54%	0	54%

Fuente: Datos medidos en la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

Esta tabla 62 revela las distancias recorridas por el spool en su proceso de fabricación en dos escenarios, el actual y el de proyecto, con una reducción de 93 m que representa el 54% con respecto al actual. Considerando un costo de desplazamiento del spool de \$ 2.2 x metro tendríamos un ahorro de \$ 204.6 por spool.

6.5.2 DAP de Fabricación de Spool

Una nueva configuración en la DP genera un impacto en los distintos factores de la producción como el tiempo de producción, el tiempo de ciclo, capacidad de producción, rendimiento etc. como vimos en capítulos anteriores en el que se analizó de manera individual, los cuales volvemos a mencionarlos para enfocarnos y realizar un comparativo en la siguiente tabla 62.

Tabla 63. Comparación de DAP Actual vs DAP Proyecto

Comparabilidad de DAP Actual vs DAP Proyecto			
	Tiempo de Flujo (minutos)	Tiempo de ciclo (minutos)	Capacidad Producción (spool/hora)
DAP Actual	1175	159	1.1
DAP Proyectada	850.6	121	3.0
Variación	-324.4	-38	1.9
Variación (%)	28%	24%	173%

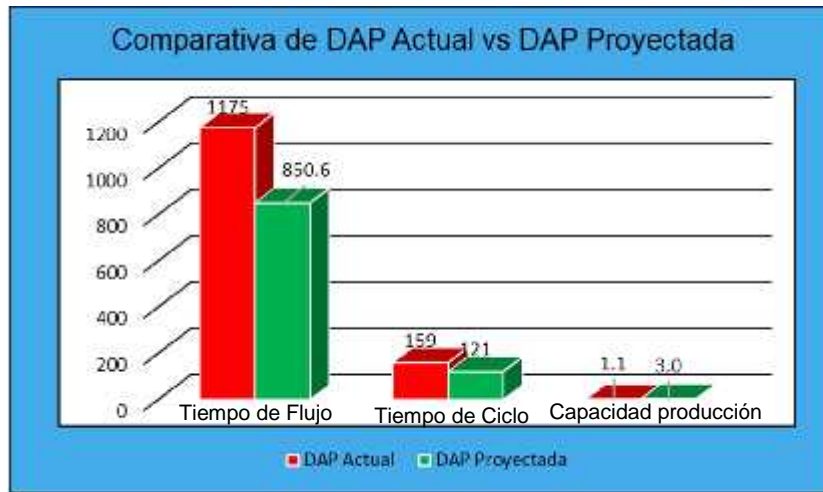
<p>Leyenda:</p> <p>Tiempo de Flujo: Tiempo de fabricación del spool.</p> <p>Tiempo de Ciclo: Cada cuanto sale un spool de la línea</p> <p>Capacidad de Producción: Cuantos spools puede fabricar la línea en tiempo (t)</p>

Fuente: Datos medidos en la empresa.

Elaboración: Los investigadores

Observamos en la tabla 63 una reducción del tiempo de flujo del producto de 324.4 minutos que representa el 28%, así mismo el tiempo de ciclo experimenta una reducción de 38 minutos que representa el 24% y un incremento en la capacidad de producción de 1.9 spools/hora que representando el 173% de incremento con respecto al actual. El tiempo de flujo o fabricación de ensamble, soldadura y QC lo podemos ver en el anexo 23 detalladamente.

Figura 56. Comparación de DAP Actual vs DAP Proyectada.



Fuente: Datos medidos en la empresa.

Elaboración: Los investigadores

De la figura 56 podemos apreciar gráficamente la reducción del tiempo de flujo, así como el tiempo de ciclo, sin embargo, la capacidad de producción experimenta un incremento del 63% descrita en la tabla 62.

6.5.3 Implementación de Herramientas Lean

Las fallas e incidencias que perturban la producción generando causales del problema de la productividad en la planta de fabricaciones de spool y que están relacionadas con la DP serían tratadas con herramientas Lean, para ello en la propuesta se contempla un programa de capacitación a todos los colaboradores involucrados con la producción. Estas incidencias de la planta al ser manejadas con un plan inteligente de capacitación de herramientas de manufactura junto con una mejor DP tendrían un resultado favorable. El proceso de implementación explicado en el subcapítulo 6.1.6, arrojaron los siguientes resultados ventilados en la tabla 64.

Tabla 64. Impacto de las Herramientas Lean en las Incidencias

Ítem	Causas Principales Del Problema	Actual	Proyectada	Variación	Var (%)
1.2	Mala sincronización entre las áreas	59	24	35	60%
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	182	73	109	
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	293	117	176	
3.1	Falta de stock de materiales	102	41	61	

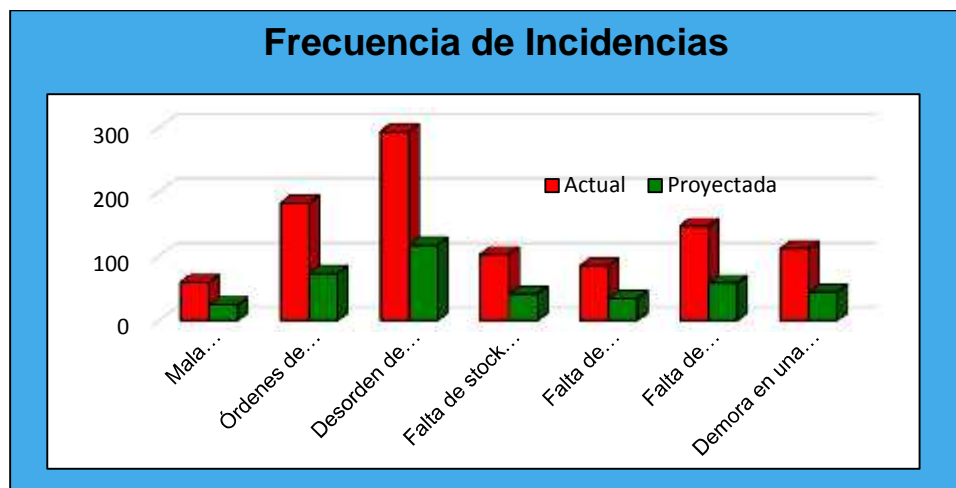
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	85	34	51
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	146	58	88
5.3	Demora en una actividad	111	44	67

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

Esta tabla 64 refleja las cantidad de incidencias que fueron causales del problema, notamos la reducción de incidencias en un 60%, margen porcentual según Consultoría Lean Manufacturing Center (LM Center), considerando este factor tenemos que la mala sincronización entre áreas en un periodo de un año había tenido 59 incidencias con el proyecto tendría 24 incidencias en la parte inicial; el desorden de materiales y productos en proceso que en la actualidad tiene un promedio anual de incidencias de 293 después de la implementación del proyecto reduciría a una frecuencia de 117 en la parte inicial, quedando a merced de la tenacidad y persistencia de los colaboradores de seguir reduciendo esas frecuencias y haciendo sostenible esa filosofía Lean en el tiempo. Gráficamente lo vemos en la siguiente figura 56.

Figura 57. Comparación de Frecuencias de Ocurrencias



Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores

La figura 57 muestra gráficamente el impacto de implementar un modelo de DP junto con herramientas lean que le dan soporte mitigando las fallas e incidencias que ocurre en la producción a lo largo del proceso de fabricación.

6.5.4 Producción de Spool

La producción de spool podrá incrementarse en un 62% en condiciones favorables óptimas para el proceso de implementación, la actitud sensible de los colaboradores en coincidir en una sola filosofía productiva de una metodología más flexible que nos ofrece las herramientas lean. En la siguiente tabla 65 hacemos un comparativo de los dos escenarios de producción.

Tabla 65. *Comparación de la Producción*

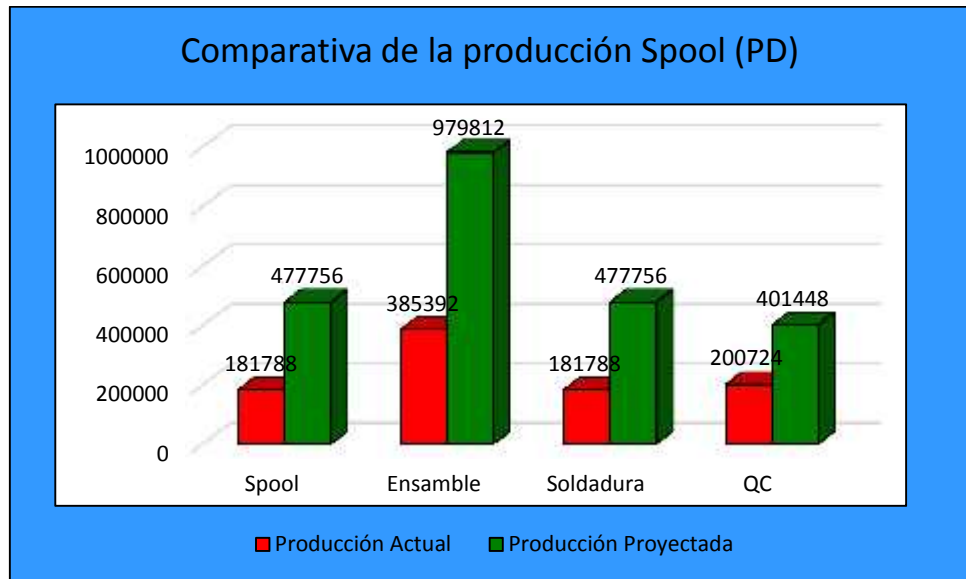
Comparación de la Producción de Spool (Pulg.-Ø)				
	Producción Actual	Producción Proyectada	Variación (%)	Variación Ajustada (%)
Spool	181788	477756	163%	98%
Ensamble	385392	979812	154%	93%
Soldadura	181788	477756	163%	98%
QC	200724	401448	100%	60%

Fuente: Mediciones en la planta spool proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 65 verificamos que existe una mejora sustancial en la producción anual de la planta que lograría 477 756 PD lo cual significaría un 163% de incremento con relación al actual, sin embargo considerando que el proyecto es inicial y existen factores que reducirían las proyecciones teóricas, y tomando como referente el promedio de mejora después de una implementación de herramientas lean (60%) tenemos una variación ajustada obteniendo un incremento real inicial del 98% con respecto a la producción actual y pudiendo incrementarse hasta un 163% gracias a un mantenimiento y mejora continua constante. En las estaciones de ensamble la variación ajustada alcanza los 93%, mientras que en las estaciones de soldadura el incremento es de 98%, por último, quien obtiene el incremento menor es QC con 60% de incremento ajustado.

Figura 58. Comparación de la Producción



Fuente: Mediciones en la planta de spool proyectada.

Elaboración: Los investigadores

La figura 58 permite apreciar gráficamente la diferencia de la producción en ambos escenarios que ostensiblemente merece una consideración para incluirlo en la agenda directoral de toma de decisiones de la empresa ya que con índice ajustado promedio de incremento de 37% en la planta de spool señala rentabilidad.

6.5.5 Productividad de Spool

Las empresas hoy en día persiguen cuidadosamente los índices de productividad ya que revela que tan bien se está usando sus recursos. (Martínez, 2007). Estos resultados de la tabla 66 nos muestran la diferencia de los índices de productividad en ambos escenarios.

Tabla 66. Comparación de la Productividad

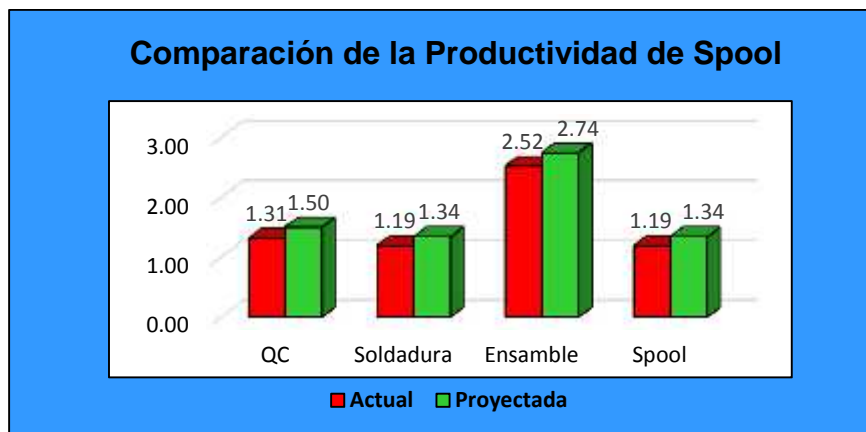
Productividad - spool				
	Actual	Proyectada	Variación (%)	Variación Ajustada (%)
Ventas	\$ 20,280,000.00	\$ 53,297,751.67	163%	98%
Multiples factores	\$ 17,067,804.93	\$ 39,823,214.88	133%	80%
Productividad - spool	1.19	1.34	13%	8%

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 66 muestra la productividad alcanzada en la modelación con el proyecto de 1.34 frente a la productividad actual de 1.19 de la planta de fabricación observando un incremento del 12.6%, esto significa que la implementación de un nuevo formato en la DP favorece a la productividad de la planta de fabricación, sin embargo, pese un factor de ajuste de implementación se llegaría en la etapa inicial del proyecto solo al 8% de incremento de la productividad. Aun así, tenemos entonces un rango de 8% - 12.6% de incremento que se obtendría con el proyecto propuesto. Ahora bien, las áreas que conforman esta planta de spool tendrían el siguiente impacto en sus índices de productividad.

Figura 59. Comparación de la Productividad



Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores

La figura 59 nos enseña gráficamente la comparación de la productividad en los dos escenarios con un índice actual de 1.19 frente a un índice prometedor de 1.34 de la planta de fabricación de spool. De las etapas productivas quien destaca es ensamble con un índice de productividad de 2.74 y el menor lo tiene soldadura con un índice de productividad de 1.34 en condiciones favorables.

a) Productividad de Ensamble

Si bien es cierto que la productividad de las etapas parciales del proceso de fabricación revela las variaciones del uso de los recursos, es importante realizar una comparación de dos escenarios para ver los incrementos o

decrecimiento de los índices. En la siguiente tabla se compara la productividad actual de ensamble y la productividad con proyecto.

Tabla 67. *Comparación de la Productividad de Ensamble*

Productividad - Ensamble				
	Actual	Proyectada	Variación (%)	Variación ajustada (%)
Ventas	\$ 15,047,816.23	\$ 38,257,231.37	154%	93%
Múltiples factores	\$ 5,973,731.73	\$ 13,938,125.21	133%	80%
Productividad - Ensambl	2.52	2.74	9%	5%

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 67 muestra una variación de la productividad actual de 2.52 a 2.74 que corresponde a la productividad con proyecto, esto representa un incremento 9%, quedando como incremento ajustada 5% teniendo así un intervalo de 5% - 9% por explotar con mejoras continuas e incesantes actualizaciones.

b) Productividad de Soldadura

De la misma manera que en la etapa de ensamble, la etapa de soldadura experimenta cierta variación en sus índices de productividad reflejadas gráficamente en la figura 52 y detalladas en la siguiente tabla 66.

Tabla 68. *Comparación de la Productividad de Soldadura*

Productividad - Soldadura				
	Actual	Proyectada	Variación (%)	Variación ajustada (%)
Ventas	\$ 9,937,200.00	\$ 26,115,898.32	163%	98%
Múltiples factores	\$ 8,363,224.42	\$ 19,513,375.29	133%	80%
Productividad - Soldadu	1.19	1.34	13%	8%

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

De la tabla 68 rescatamos el índice de productividad actual de 1.19 frente al índice de productividad de proyecto con 1.34 con un incremento de 12.6% que luego de ajustar resulta 8% guardando un intervalo de 8% - 12.6% rango que nos permite realizar más ajustes tratando buscando aumentar el incremento en la productividad.

c) Productividad de QC

En esta etapa de la fabricación, sus miembros serán los más dinámicos de la vía de producción ya que a diferencia de ahora que realizan el control casi al final del proceso, con el nuevo formato productivo los productos en proceso se liberaran en la estación de su última actividad realizada. La comparación de sus índices para los dos escenarios se muestra en la siguiente tabla 69.

Tabla 69. *Comparación de la Productividad de QC*

Productividad - QC				
	Actual	Proyectada	Variación (%)	Variación ajustada (%)
Ventas	\$ 3,582,795.54	\$ 7,165,591.08	100%	60%
Múltiples factores	\$ 2,730,848.79	\$ 4,778,785.79	75%	45%
Productividad - QC	1.31	1.50	14%	9%

Fuente: Información de la empresa proyectada

Elaboración: Los investigadores.

6.5.6 Comparativa del Análisis Financiero

En este análisis es importante considerar que el flujo de caja actual para el primer escenario se realizó en base a pequeñas inversiones que anualmente la empresa realiza en capacitaciones, como quiera que el tema de desorden de la planta es evidente, hemos asumido que la capacitación anual que realiza la empresa vaya dirigido a la herramienta 5 S. los detalles se puede revisar en el subtítulo 5.2.8 de la presente investigación. Toda inversión y proyecto son analizados y evaluados a través de técnicas financieras con los cuales hemos analizado ambos escenarios de la producción de spool.

Tabla 70. *Comparación de Flujos de Cajas*

Flujo de Caja Neto Actual (1° Escenario)						
Flujo de caja del proyecto	-\$	8,700.24	\$	6,806.79	\$	4,017.61
Flujo de Caja Neto Proyectado (2° Escenario)						
Flujo de caja del proyecto	-\$	3,874.28	\$	3,741.21	\$	3,990.54

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

La tabla 70 nos indica el flujo de caja actual en el primer escenario la inversión habitual incluye dos periodos de flujo de caja mientras que en el segundo escenario correspondiente a la propuesta del proyecto expresados en dos periodos. La inversión inicial para el primer escenario (actual) es de \$ 8 700 240,00 considerando que el inventario es cero para ese periodo, además para este periodo se considera las ventas proyectadas por el mercado en su máxima capacidad de producción. En cambio, para el segundo escenario (proyecto) es de \$ 3 874 280,00 así mismo se asume inventario cero para ese periodo de la inversión inicial así mismo consideramos las ventas incrementales de las ventas proyectadas del mercado y las proyecciones actuales de producción de la empresa, pese a que la producción incremental ajustada es mayor más de 80% que las incrementales.

Calculo de VAN 2° (Escenario)

$$VAN = -I^0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{F_c}{(1+K)^n} \right)$$

$$VAN = -3874280 + \frac{3741210}{(1+0.15)^1} + \frac{3990540}{(1+0.15)^2}$$

$$VAN = \$ 2396.37$$

Figura 60. Calculo de VAN – TIR xls.



Fuente: Elaborado por los investigadores

Tabla 71. Comparación de Indicadores Financieros

Indicadores Financieros		
	Actual	Proyectada
TREMA	23%	23%
TIR	-22%	61%
VAN	S/. -510.70	S/. 1,805.03
VAN (Beneficio)	S/. 32,905.84	S/. 24,421.92
VAN (Costes)	S/. 16,016.06	S/. 14,868.33
B/C	2.05	1.64
PRI	1.47	1.03

Fuente: Información de la empresa adaptada.

Elaboración: Los investigadores

La tabla 71 expresa los indicadores financieros como la tasa de rentabilidad que todos los empresarios esperan que gravita entre 14% - 15% en promedio, para el análisis hemos asumido 15%.

Por un lado, considerando la TIR que para el primer escenario (actual) es menor al esperado $-22\% < 15\%$, este primer escenario no es viable.

Para el segundo escenario (proyecto) la TIR supera el esperado con 61% de rentabilidad efectiva anual, bajo este contexto el segundo escenario es viable y asegura un retorno a la inversión.

El VAN positivo, es decir mayor a cero indica que el proyecto permite ganancias, con este criterio ambos escenarios si son viables sin embargo es más confiable el VAN mayor correspondiente al segundo escenario (proyecto) con \$ 2 396 370,00

Para la relación beneficio costo nos permite determinar que el beneficio del proyecto supera el costo del mismo, bajo esta premisa ambos son mayor a 1 por tanto ambos son viables con este criterio.

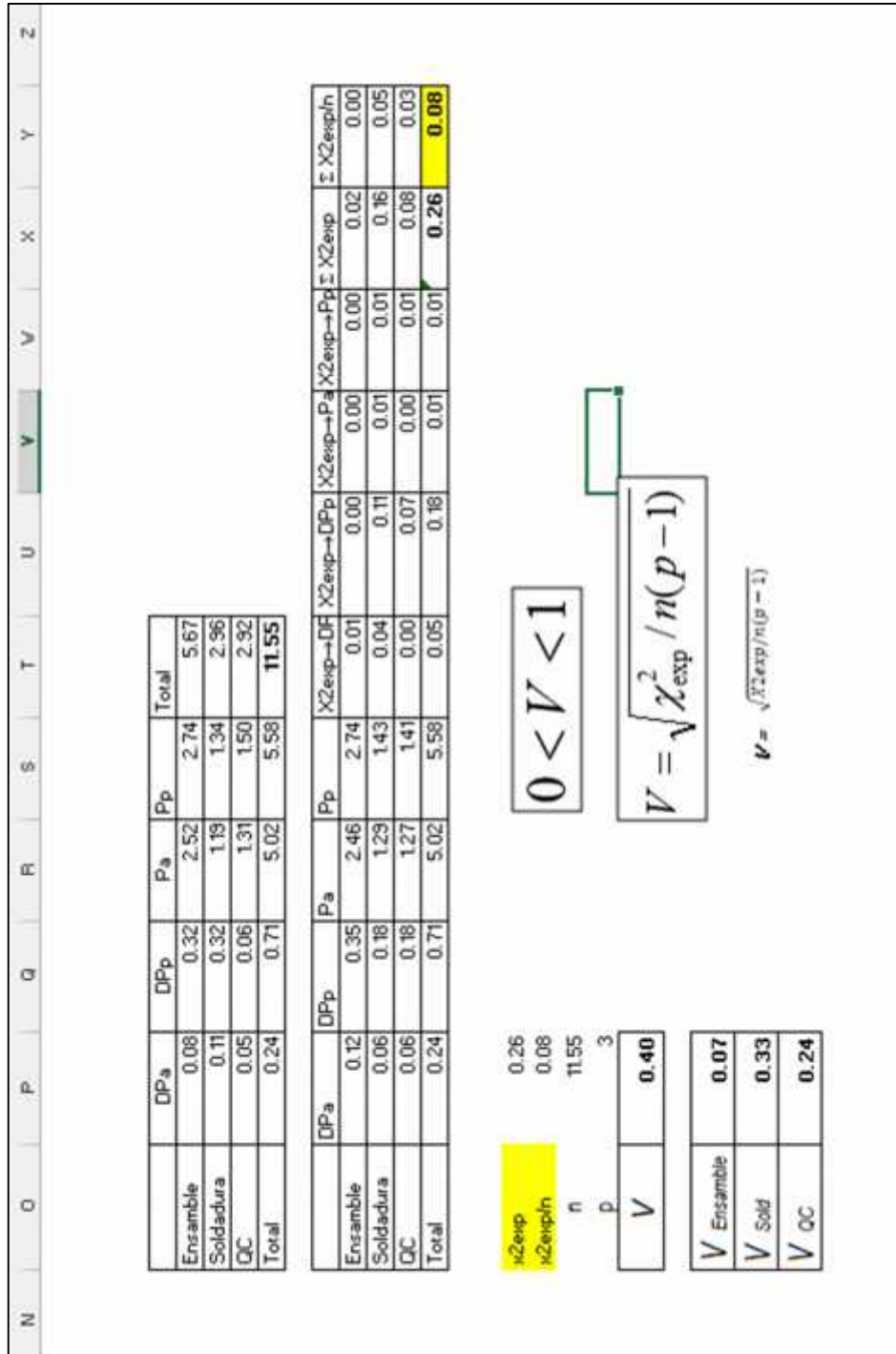
Por lo tanto, la DP del área de spool tiene una relación directa con la productividad de la empresa, interpretando que una mejora en la disposición de planta tiene un impacto en la productividad de la empresa. Y por ende en cada uno de sus secciones productivos como ensamble, soldadura, control de calidad etc. De esto resulta un criterio más de evaluación para la toma de decisión de la empresa para proyectos de mejoras que se desarrolle. Todo lo mencionado prueba la hipótesis de la investigación señalada en el capítulo 3.

6.6 Contrastación de hipótesis

Después de haber desarrollado a lo largo de esta investigación, con la información expuesta en capítulos anteriores, hemos podido demostrar la hipótesis planteada con la herramienta estadística **V de Cramér** como se muestra en la figura 61.

Considerando que la variable disposición de planta es complicado su simulación en diferentes lecturas de **Uee** (utilización de espacio efectivo) en una misma planta metalmecánica hemos tomado los datos de disposición de planta (DP) actual y proyectada; así como la productividad (P) actual y proyectada. Con esos datos de las variables para las 3 secciones de producción: ensamble, soldadura, QC se ha desarrollado el coeficiente **V de Cramér**.

Figura 61. V de Cramér - xls.



Fuente: Elaborado por los investigadores

6.6.1 Hipótesis general.

HG: “Existe una correlación e influencia dependiente de la disposición de planta en la productividad en el área de spool de la empresa metalmecánica”

Tabla 72. Variación de Índices - Spool

	Actual	Proyectada	Variación
Disposición de planta (x) efectiva	0.42	0.82	0.92
Productividad (y)	1.19	1.34	0.13
V de Cramér	Coefficiente de correlación		0.40

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

H₀: V = 0 (H₀: hipótesis nula)

H_g: V > 0

0 < V = 0.40 < 1; Se acepta la hipótesis general de investigación (HG).

a) Variable 1: Disposición de planta

En el desarrollo de este trabajo se verifico plenamente **que los espacios utilizados** efectivamente eran de 993.63 m de un total de 2 340 m² el cual representa el 42%. Así de esta manera mejorando la utilización de estos espacios de la planta de spool se obtuvo la utilización efectiva de 82% del área total. Esta mejora gracias a determinadas herramientas impactó con una variación en la productividad de la planta de spool, lo cual indica que si la disposición de planta varia, entonces también varía también la productividad demostrando la estrecha relación.

Por otro lado, la **reducción de distancia de desplazamiento del producto** se percibe en las cifras obtenidas., que actualmente recorre 172.16 m. y con la simulación podría recorrer solo 79 m.

No esta demás precisar que producto de este nuevo formato de disposición de planta se mejora la reducción del desorden de material, se reducen las fallas de fabricación, se reduce los spools detenidos en procesos, las sincronizaciones fallidas entre áreas etc. Descritos detalladamente en la tabla 64.

b) Variable 2: Productividad

En este análisis al simular una variación en la disposición de planta de spool de la empresa metalmecánica también se verifica una variación en la productividad (véase tabla 66). Esta variación de la productividad de 1.19 a 1.34, señalando un incremento del 13% que resultó al simular una variación en la disposición de planta confirma la hipótesis general de la relación que existe entre ambas variables.

A esta variable acompaña dos factores importantes de la fabricación de spool, cual es los procesos y la producción. En este sentido la producción también se incrementaría considerablemente en 163% detallados en la tabla 65.

En los procesos de fabricación de spool también verificaron cierta reducción de tiempo de proceso de 1175 minutos a 850.6 minutos el cual representa el 27% detalladas en la tabla 63.

6.6.2 Hipótesis secundaria 1.

HS1: "Existe una correlación e influencia importante de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de ensamble de la empresa metalmecánica"

Tabla 73. Variación de índices - Ensamble

	Actual	Proyectada	Variación
Disposición de planta (x) efectiva - ensamble	0.08	0.32	2.77
Productividad (y) - ensamble	2.52	2.74	0.09
V de Cramér	Coefficiente de correlación		0.07

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

Ho: $V = 0$ (Ho: hipótesis nula)

Hs1: $V > 0$

$0 < V = 0.07 < 1$; Se acepta la hipótesis secundaria 1 de investigación (HS1).

La sección de ensamble experimenta un movimiento en sus índices de productividad debido a la simulación de un cambio en la disposición de la planta de spool, señaladas al detalle en la tabla 67. En ella se observa la productividad actual de 2.52 cuyo valor vario a 2.74 representando un incremento del 9%, señalado en la tabla 73 y demostrando así la hipótesis secundaria 1 (HS1).

6.6.3 Hipótesis secundaria 2.

HS2: "Hay correlación e influencia considerable de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de soldadura de la empresa metalmecánica"

Tabla 74. *Variación de índices - Soldadura*

	Actual	Proyectada	Variación
Disposición de planta (x) efectiva - soldadura	0.11	0.32	2.02
Productividad (y) - soldadura	1.19	1.34	0.13
V de Cramér	Coefficiente de correlación		0.33

Fuente: Información de la empresa proyectada.

Elaboración: Los investigadores.

Ho: $V = 0$

Hs2: $V \neq 0$

$0 < V = 0.33 < 1$; Se acepta la hipótesis secundaria 2 de investigación (HS2).

En la sección o estación de trabajo de soldadura también se produce un impacto en sus índices de productividad de 13% de incremento señalado en la tabla 74 debido al cambio en la disposición de la planta de spool. (Tabla 68). Queda así entonces confirmada la hipótesis secundaria 2 (HS2).

6.6.4 Hipótesis secundaria 3.

HS3:” Tiene correlación e influencia directa de la disposición de planta en la productividad de spool en la sección de control de calidad (QC) de la empresa metalmecánica”

Tabla 75. Variación de índices - QC

	Actual	Proyectada	Variación
Disposición de planta (x) efectiva - QC	0.05	0.06	0.29
Productividad (y) - QC	1.31	1.50	0.14
V de Cramér	Coefficiente de correlación		0.24

Fuente: Información de la empresa.

Elaboración: Los investigadores.

H₀: V = 0

H_{s3}: V > 0

0 < V = 0.24 < 1; Se acepta la hipótesis secundaria 3 de investigación (HS3).

Control de Calidad como estación de trabajo fluye de manera muy estacionaria, lo cual para el modelo no aporta valor a la producción, en tanto ubicando en una sección de QC, más dinámica podría generar mayor valor, el control debe ser paralelo al proceso y no una ubicación geométrica absoluta en la cadena de producción como ya se explicó en capítulos anteriores. La productividad de esta sección se favorece en un incremento de sus índices de productividad de 1.31 a 1.50 el cual representa 14 % de incremento como se muestra en la tabla 75, y todo gracias a una simulación en la disposición de planta. Así pues se confirma la hipótesis secundaria 3 (HS3).

CAPITULO 7. DISCUSIÓN

El tema de la desorganización en plantas metalmecánicas es un problema que acosa a las empresas del rubro, trayendo como consecuencia la baja producción y por ende disminución de la productividad para la organización.

En ese contexto el análisis realizado en la empresa metalmecánica muestra claramente la estrecha correlación que existe entre la disposición de planta (DP) y la productividad. En ello se obtiene de la DP actual un índice de productividad de 1.19, luego al simular otro escenario con una nueva DP propuesto se obtuvo un índice de productividad de 1.34 como se muestra en la página 129, esto representa un incremento del 12.6%, sin embargo, después de hacer un ajuste producto de restricciones propios del proceso inicial de implementación se obtuvo un incremento ajustado o realista del 8%. Con ello interpretamos que después de iniciar la implementación del proyecto obtendríamos un incremento del 8% de productividad en su etapa inicial pero que tendríamos una holgura de 8% - 12.6% para los ajustes de mejoras próximas y llegar a su máximo incremento esperado.

De lo mencionado líneas arriba definitivamente la DP guarda una estrecha relación con la productividad reflejada en la variación de sus índices. Así mismo los cálculos efectuados para las secciones de spool como ensamble, soldadura, QC revelan que han experimentado variaciones en sus índices. Esta implementación de un proyecto propuesto de una nueva DP posee además un soporte de herramientas de Lean Manufacturing capaz de ayudar a que esta nueva DP funcione de una manera óptima y eficiente.

Como decía Chase, Jacobs y Aquilano (2009) la productividad indica que tan bien se está usando los recursos o factores de la producción de una industria, bajo este concepto la productividad de esta empresa metalmecánica mostraría que tan bien se utilizará estos espacios en la nueva disposición de planta que forman parte de los recursos de la empresa.

Esta implementación de una nueva DP propuesta tiene herramientas de soporte como 5 S, Kanban, Jidoka, Andon las cuales se utiliza en la modelación, mitigando las fallas e incidencias que suceden en la producción, se ha considerado una reducción de 60% en las causas principales del problema como se muestra en la tabla 64 de la página 126. Este valor porcentual es producto de versiones de gerentes de empresas que aplicaron esta herramienta y consultoras de capacitación del mismo.

La implementación de la DP y sus herramientas anexas debe permitir la comprensión clara de los procedimientos a seguir para obtener los resultados esperados gracias a la capacitación, el entrenamiento y compromiso de los colaboradores, así como el rol que juega la alta gerencia de la empresa metalmecánica que es fundamental en el desarrollo de esta propuesta.

Esta nueva DP ayuda en el bienestar y salud de los colaboradores ya que reduce los riesgos a los accidentes de trabajo producto de las maniobras de materiales, así como el desplazamiento innecesario que se verificó en el desarrollo de la investigación.

Este estudio realizado sirve como aporte de información para el mejoramiento de los procesos productivos de esta empresa metalmecánica, así como las demás del rubro que buscan cada día sistemas y mejoras cada vez más eficientes que ayuden a elevar la rentabilidad de la empresa.

Esta mejora tiene restricciones que considerar en la implementación y el desarrollo del mismo, ya que no se podría cristalizar los resultados esperados sin el soporte de las demás áreas como logística, habilitado, pintura, ingeniería etc. quienes están involucrados directamente en la cadena de la producción.

CONCLUSIONES

1. Sabiendo que un esquema nuevo de DP es un escenario de análisis que muestra resultados que ayudan a una toma de decisiones asertivas, los resultados obtenidos en el presente estudio realizado en esta empresa metalmecánica logró comprobar la relación que existe entre la DP y la productividad, verificando la variación de sus índices de productividad de 1.19 a 1.34 frente a un cambio de escenario de DP, reflejando un incremento ajustado de 8% con una holgura de 4.6%, es decir hasta un posible incremento máximo de 13% señalado en el capítulo 6, página 126.

Los resultados de la productividad no hubieran sido posible sin calcular la producción anual modelada de spool, la producción calculada actual de 181 788 PD experimento un crecimiento obteniendo después de la modelación 477 756 PD obteniendo un incremento ajustado del 98% así como para las sub áreas de ensamble, soldadura y QC que resulto con 93%, 98%, 60% respectivamente.

2. La sección de ensamble experimento variaciones en sus índices de productividad con una DP actual se obtuvo en el cálculo un índice de productividad de 2.52, y después de una simulación con otro escenario de DP se obtuvo un índice de productividad de 2.74, lo cual representa un incremento del 9% señalado en el capítulo 6 página 130.
3. La sección de soldadura muestra variaciones en sus índices de productividad de 1.2 que representa el actual a 1.3 que se obtuvo después de la modelación representado así un incremento del 13% indicado en la pagina130.
4. La sección de control de calidad (QC) de la misma manera tuvo una variación en sus índices de productividad de 1.31 a 1.50 lo cual significa un incremento del 14% como vimos en la página 131.

RECOMENDACIONES

7. Todas las personas involucradas directa o indirectamente en el proyecto de implementación de la nueva DP deben saber que este proceso necesita de atención constante y sujeto a un mejoramiento continuo respetando los pasos a seguir descritas en la tabla 40, buscando que el proceso de implementación y su desarrollo se convierta con el tiempo en una filosofía laboral de los colaboradores de la empresa metalmecánica.
8. Es importante señalar que las auditorias constantes no programadas por parte de los responsables de la implementación de cada herramienta Lean, que deberían ser técnicos líderes de grupo, así como los supervisores de cada vía de producción deben ser constantes e imparciales midiendo y controlando el avance de la implementación.
9. Para conseguir óptimos resultados debemos comprometer a los trabajadores con los objetivos semanales, quincenales, mensuales de las vías de producción, publicar los avances de cada grupo, sección o n° de vía de producción, para que de esta manera los colaboradores se sientan involucrados con los resultados y sirva de motivo de superación laboral, así como recibir sugerencias y buscar causas que impidan el mejor resultado de los colaboradores en sus respectivas áreas.
10. No se debe dejar de lado la cultura en los colaboradores tratándose del *sentido de pertenencia con las herramientas y equipos*, lo cual ha sido origen de casi del 80% de las causas con relación a la demora en la actividad descrito en el subcapítulo 6.1.6, d). Debemos darle total responsabilidad por cada activo de la empresa mitigando así por completo estas causas relacionadas.
11. Desarrollar una implementación de una mejora implica la atención también de las demás puntos de producción, como por ejemplo el área de habilitado que funciona en otra infraestructura que deberían *acercarla a la planta de spool* para reducir los gastos de desplazamiento así como tener un flujo de información más dinámico y con menor tiempo de respuesta a las dudas.

REFERENCIAS

- Alexander, A. (2002), *Mejora Continua y Acción Correctiva*, México D.F.: Prentice Hall
- Beltrán, J., Carmona, M., Carrasco, R., Rivas, M., & Tejedor, F. (2002), *Guía para una Gestión basada en Procesos*. Andalucía: Instituto Andaluz de Tecnología
- Belcher, J (1992) *Productividad Total*, (Edición en español), Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica.
- Bain, D. (1985) *Productividad*, (1° ed.), Iztapalapa, México: McGraw-Hill Inc.
- Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2006), *Administración de Operaciones*, (20°), Santa Fe, México: Mc Graw-Hill.
- Cerrón, J.L. (2006), *Sistema de Gestión de la Calidad Basado en Procesos*. Trujillo, Perú: Fondo Editorial de la CMPSA
- Claudio, P.J. (2011). *Diagnóstico y propuesta de mejora de los procesos de un taller mecánico de una empresa comercializadora de maquinarias*. (Tesis de titulación). UPCP, Lima, Perú.
- Córdova, F.P. (2012). *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmeccánica usando la manufactura esbelta*. (Tesis de titulación). PUCP, Lima, Perú.
- Díaz, B., Jarufe, B. & Noriega, M.T. (2007). *Disposición de planta*. (2°). Lima, Perú: Fondo Editorial.
- FIMA (2010) Página Web [En línea] Recuperado de <http://en.fimaperu.com/products/mining/spools/gallery/>
- García Criollo, R. (2003). *Estudio del trabajo*. Lima: Mc Graw Hill.
- GestioPolis (2003) Página Web [En línea] Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/que-es-el-tiempo-de-produccion-y-como-esta-compuesto/>
- Guerrero, A. (2015). *Propuesta de Redistribución de Planta en Producción*. (Tesis de titulación). UTQ, Querétaro, México.

Hernández, J & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing*. [En línea] Recuperado de <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>

Lozano, J. (2010). *Comparación de métodos de distribución en planta para centros de trabajo. Aplicado en empresa del sector metalmeccánico*. Ponencia presentada en la 16° Conferencia Internacional en Ingeniería industrial y gestión de Operaciones. Octubre 15, Sao Carlos, Brasil.

L. M. Center (2009) *Página Web* [En línea] Recuperado de <http://www.idia.org.pe/web/articulos/IntroduccionLeanManufacturing.pdf>

Leyva, M. (2015). *Un Algoritmo Greedy Para el Diseño de Distribución de Planta con Multi productos y Rutas de Procesamiento en las Instalaciones Industriales*. (Tesis de grado de Magister). UNMSM, Lima, Perú.

Muther, R. (1965), *Distribución en Planta*, (4°), Barcelona, España. Hispano Europea.

Meyers, E., Stephens, P. (2006), *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Materiales*, (3°), Monterrey México, Pearson Prentice Hall.

Martínez, M. (2007) *El concepto de productividad en el análisis Económico*. Recuperado de <http://www.critica-azcapotzalco.org/AECA/promotores/archivo%20laboral/eugenia1.pdf>

Mailxmail.com (2009) Recuperado de <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/maquinas-soldar-transformador>

Miranda, Rodríguez (2008) *Rediseño de la Distribución de la Planta Física del Área de Producción y Almacén de la Empresa Tubos y Metales & Cía. Ltda.* (Tesis de titulación). UC, Cartagena, Colombia.

Montaño, Mesías, (2013). *Diseño de una Planta Ensambladora de Cocinetas a Inducción Magnética*. (Tesis de titulación). ESPL, Guayaquil, Ecuador.

NT Welding (2014) Recuperado de <http://www.ntwelding.com.au/portfolio-view/carbon-steel-pipe-spool-being-built-to-as-4041/>

OSHAS 18001 (2007), *Occupational Health and safety Zone, The Health and Safety & Oshas Guide*

Recuperado de <http://www.oshas-18001-occupational-health-and-safety.com/>

OCTOPUS (2014) Recuperado de <http://www.octopus-grp.com/galerias5.html>

Olgún, H. (2015) *Diseño de un Sistema de Información para Mejorar la Eficiencia en la Planificación y Control de los Procesos Productivos de una Empresa de Piping*. (Tesis de titulación). UCH, Santiago, Chile.

Padilla, F.O. (2008). *Diseño de instalaciones y distribución de la nueva planta para la optimización de la producción en mecánica padilla*. (Tesis de titulación). UTE, Quito, Ecuador.

Palacio P., Álvaro (2012). *Herramientas de Lean Manufacturing. TPS (Toyota Production System)*. Recuperado de <http://www.autoreseditores.com/libro/321/alvaro-palacio-p/herramientas-de-lean-manufacturing.html>.

Rau, J.A. (2009). *Rediseño de distribución de planta de las instalaciones de una empresa que comercializa equipos de bombeo para aguas de proceso y residuales*. (Tesis de titulación). PUCP, Lima, Perú.

Render, B., Heizer, J. (2009) *Principios de Administración de Operaciones*, (4°), Naucalpan, México: Pearson.

Stoner, J., Freeman, R., & Gilbert, D. (1996) *Administración*. (6°), Naucalpan, México: Pearson.

Torres, R. (2014). *Propuesta de Mejora en el Proceso de Fabricación de Pernos en una Empresa Metalmeccánica*. (Tesis de titulación). UPC, Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo n° 1 Matriz de Contrastación de factores

	SA	SS	SCC	SH	SAL	SP	TC	TS	OF	OPG	OM	PESOS	
SA		1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8	16%
SS	0		0	1	1	0	1	1	1	1	1	7	14%
SCC	1	1		1	0	1	1	1	1	1	1	9	18%
SH	0	0	0		1	0	1	1	1	1	1	6	12%
SAL	0	0	0	0		1	1	1	1	0	1	5	10%
SP	0	0	0	1	0		0	0	1	1	1	4	8%
TC	0	0	0	0	0	0		0	1	1	1	3	6%
TS	0	0	0	0	0	0	1		1	1	1	4	8%
OF	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	1	2%
OPG	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	1	2%
OM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		2	4%
												50	100%

Anexo n° 2 Area de espacios utilizados

Seccion de Trabajo	Actual (m2)	Proyectada (m2)	Variación
soldadura	248.40	750	2.02
armado / ensamble	198.72	750	2.77
control calidad	115.92	150	0.29
spool en proceso	165.6	0	-1.00
Almacen temporal	0	111.38	
almacen de accesorio	149.04	0	-1.00
zona de acopio de PT	115.95	0	-1.00
Est. de reparacion	0	150	
	993.63	1911.38	0.92
	0.42	0.82	0.92

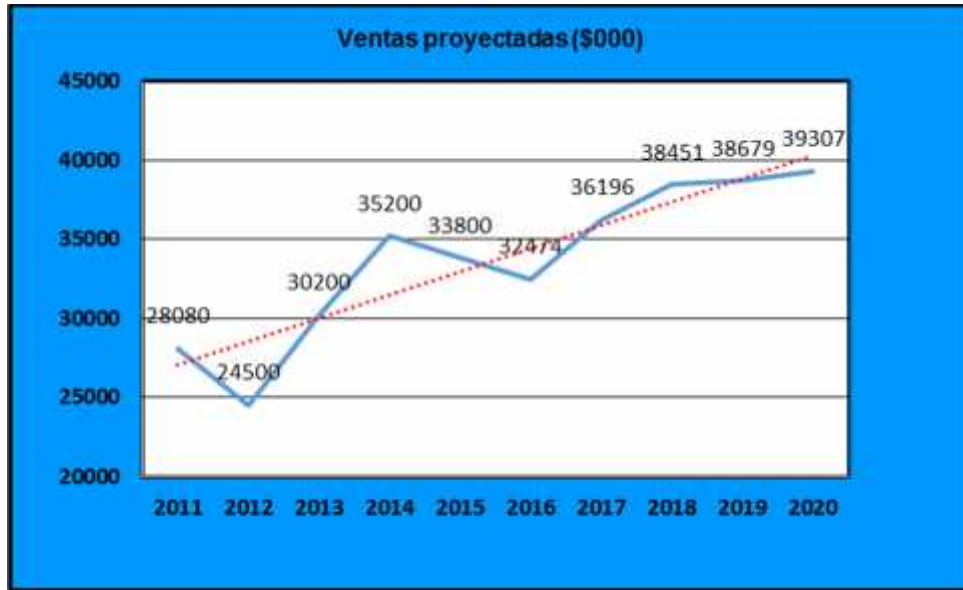
Anexo n° 3 Encuesta

Problema general: baja productividad en el area.		SA	SS	SCC	SH	SAL	SP	TC	TS	OF	OPG	OM	valor de ponderacion
		16%	14%	18%	12%	10%	8%	6%	8%	2%	2%	4%	
1	METODO												7.56
1.1	Falta de procedimiento de trabajo	1	1	3	1	1	1	3	1	5	3	3	1.68
1.2	mala sincronizacion entre las areas	3	1	1	1	3	1	5	3	5	3	3	2.12
1.3	ordenes de trabajo(WO) incompletas.	1	1	1	3	1	1	5	5	3	1	5	2.00
1.4	Funciones no estan bien definidas	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	1.76
2	INFRAESTRUCTURA												14.16
2.1	Mala disposicion de planta	3	5	3	3	1	3	5	3	5	3	5	3.32
2.2	No hubo un estudio de disposicion de planta	3	5	3	3	3	3	5	3	5	1	3	3.40
2.3	Espacios no aprovechados	5	3	5	3	3	5	3	3	5	5	5	4.00
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	5	3	3	1	5	3	3	3	5	5	5	3.44
3	MATERIALES												4.88
3.1	Falta de stock de materiales	3	3	1	3	3	3	1	1	1	1	1	2.20
3.2	Demora en la adquisicion	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1.68
3.3	Falta de planeacion en las compras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
4	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS												7.96
4.1	Falta de herramientas	3	1	1	1	1	1	5	5	5	1	1	1.96
4.2	Perdida de herramientas	3	1	1	1	1	1	3	5	3	1	1	1.80
4.3	Falta de disponibilidad del montacarga	3	3	1	1	1	1	5	3	3	1	3	2.12
4.4	Falta de disponibilidad del puente grua	3	3	1	1	1	1	5	3	3	3	1	2.08
5	PERSONAL												7.60
5.1	Personal poco capacitado	1	1	3	1	1	1	1	3	3	3	3	1.68
5.2	No saben sus funciones	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1.16
5.3	Demora en una actividad	3	3	3	1	1	1	3	1	3	5	5	2.36
5.4	Falta evaluar al personal	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	2.40

Anexo n° 4 Principales Causas del Problema

ítem	CAUSAS PRINCIPALES DEL PROBLEMA	valor
1.2	mala sincronización entre las áreas	2.12
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	2.00
2.1	Mala disposición de planta	3.32
2.2	No hubo un estudio de disposición de planta	3.40
2.3	Espacios no aprovechados	4.00
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	3.44
3.1	Falta de stock de materiales	2.20
4.3	Falta de disponibilidad del montacargas	2.12
4.4	Falta de disponibilidad del puente grúa	2.08
5.3	Demora en una actividad	2.36
5.4	Falta evaluar al personal	2.40

Anexo n° 5 Ventas Proyectadas



Anexo n° 6 Múltiples Factores

Multiples factores	
Gastos financieros	9% (V)
Gastos ventas	6.5% (V)
Gastos administr	10% (V)
Mano de obra	0.3%
Energia electrica	1.1%
Energia Gases	3.3%
consumibles	3.1%
Mantenimiento	7.0%

Anexo n° 7 Estacion de Ensamble

ITEM	BUFFER		COMENTARIOS	Producción		WO REALIZADAS	WO REALIZADAS	WO REALIZADAS	PINTURA	COMENTARIOS
	WO	suffix		WO	suffix					
1	04511L	002								Se Entregarón Spools
2	04511L	003								DE SPOOL A RT
3	04511L	004								DE RT A SPOOL

Anexo n° 10 Estación de Ensamble y Soldadura Tridimensional

Estación de Ensamble y Soldadura Tridimensional									
ITEM	COMENTARIOS		Producción unifs	W.D.	W.D. REALIZADOS	W.D. REALIZADOS	W.D. VALIDADOS	PINTURA	COMENTARIOS
	W.D.	BUFFER unifs							
1	04531L	002							Se Entregarán Spools DE SPOOL A RT DE RT A SPOOL
2	04531L	003							
3	04531L	004							

Anexo n° 13 Formato de Control de Equipos y Herramientas

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS - ESTACIÓN DE ARMADO															
2 TÉCNICOS		01-dic		02-dic		03-dic		04-dic		05-dic		06-dic		07-dic	
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS	CANT	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
		1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T
Maquina de soldar	2														
Manipulador de codos	1														
Tornillo de banco	1														
Alicate corte	1														
Chispero	1														
Cinzel	2														
Compas	1														
Equipo de oxicorte	1														
Escuadra 45°	2														
Escuadra chica de 90°	2														
Escuadra grande de 90°	2														
Eslingas 2"	2														
Esmeril 4 1/2	2														
Esmeril 7	1														
Extensión	2														
Llave Francesa	1														
Martillo de bola	2														
Nivel 18"	2														
Nivel magnético	2														
Nivel Y	2														
Pasadores de bridas	4														
Regla de aluminio 2 m.	2														
Regla de aluminio 4 m.	1														
Turbineta neumática	1														
Ultra clamp chico	1														
Ultra clamp grande	1														
Ultra clamp mediano	1														
Wincha 15 m.	1														
Wincha 5 m.	2														
Wincha 8 m.	1														
Comba 20 lb	1														
Comba 5 lb	2														
OPERADOR - TURNO 1															
OPERADOR - TURNO 2															
SUPERVISOR															

Anexo n° 14 Formato de Control de Equipos y Herramientas

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS - ESTACIÓN DE SOLDADURA															
2 TÉCNICOS															
EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS	CANT	01-dic		02-dic		03-dic		04-dic		05-dic		06-dic		07-dic	
		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
		1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T	1T	2T
Manipulador	1														
Juego de rodillos	1														
Platos con Chuck	2														
Alicate corte	2														
Cinzel	2														
Eslingas 2"	2														
Esmeril 4 1/2	2														
Espejo	2														
Extensión	2														
Hoja de sierra	2														
Linterna	2														
Llave de impacto neumát	1														
Llave TEE con dado	2														
Llave Francesa	2														
Turbineta neumática	1														
Wincha 5 m.	2														
OPERADOR - TURNO 1															
OPERADOR - TURNO 2															
SUPERVISOR															

Anexo n° 15 Formato de Cambio de Turno

FORMATO DE CAMBIO DE TURNO			
Fecha _____		Supervisor _____	
Turno _____			
1.- Puente grúa No 1	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	1.- Puente grúa No 2	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Zona de acopio con almacen para el turno <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO (20 ordenes como mínimo)			
ER1		ER2	
1.-		1.-	
2.-		2.-	
3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A	3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A
4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.-		5.-	
6.-		6.-	
SR1		ER3	
1.-		1.-	
2.-		2.-	
3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A	3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A
4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.-		5.-	
6.-		6.-	
SR2		SR3	
1.-		1.-	
2.-		2.-	
3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A	3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A
4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.-		5.-	
6.-		6.-	
EST1		EST2	
1.-		1.-	
2.-		2.-	
3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A	3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A
4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.-		5.-	
6.-		6.-	
EST3		EST4	
1.-		1.-	
2.-		2.-	
3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A	3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A
4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.-		5.-	
6.-		6.-	
QC		R	
1.-		1.-	
2.-		2.-	
3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A	3.-	<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> A
4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	4.-	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.-		5.-	
6.-		6.-	
ALMACEN DE GASES		ALMACEN DE SOLDADURA	
ARGON		GMAW ALAMBRE Ø 1 mm	
CO2		TUNSTEGNO TIG ALAMBRE 2.1 mm	
1.- Equipos averiados	2.- Pantilla del personal	3.- Banderas	4.- Información actualizada
5.- Consumibles	6.- Faltantes de herramientas		
CAUSAS DE RETRASO			

PRODUCTIVIDAD DEL TURNO (PD LIBERADAS)			

MARCACIONES	WO LIBERADAS	<input type="checkbox"/>	
	WO CERRADAS	<input type="checkbox"/>	
BALANCEO REALIZADO	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> NO
RESUMEN MEJORA DE PRODUCTIVIDAD			

Anexo n° 16 Formato de Consumibles de Estaciones

LISTADO DE CONSUMIBLES PARA LA ESTACION DE ENSAMBLE

II	CODIGO	DESCRIPCION			STOCK	FRECUENCIA	STOCK MIN
1	022125884	DISCO	MOLIPAN GR40	4 1/2" X 7/8" DI.	60	1 Semana	18
2	811151231	DISCO	CORTE ACERO ESTRUCTURAL	1 1/2" X 1/8 X 7/8"	120	1 Semana	80
3	811000800	TIP Ø 1 mm			3	1 Semana	1
4	019080039	SOLDADURA(SMAW)SEAS.18 PR.205 G			1.00 MM	1 Mes	
5	020198027	LPS ANTISPATTER (ANTIADHERENTE Y SOLDADURA)			2	1 Semana	1
6	512187710	LIMA ROTATIVA FILSA DE TUBERÍA			2	1 Semana	1
7	622181958	CINTA MASKING TAPE			12	1 Semana	4

REVISADO	FECHA	OBSERVACIONES

Anexo n° 18 Formato de Spools Observados

SPOOL OBSERVADOS LINEA 1

ITEM	WO:	OBSERVACION	Ø	LONG.	FECHA
1	04970I - 010	Ranura ambos lados	14	LG.3532	04/02/2015
2	0497GG - 026	falta soporte	6	LG.3657	04/02/2015
3	0497DP - 001	falta soporte	8	LG.3765	04/02/2015
4	0497LO - 007	presenta elcoido (ranura)	20	LG.5385	04/02/2015
5	0497GX - 007	falta soporte	8	LG.12000	04/02/2015
6	0497FQ - 020	falta soporte	8	LG.12000	04/02/2015

Anexo n° 19 Costo de MO x Capacitación

Costo de MO x capacitación en herramientas lean				
Personal	Cantidad	Horas de capacitación	\$ x hora - trabajo	Total \$ x H-T
Supervisores	5	60	\$ 17.90	\$ 5,370.00
Técnicos	36	60	\$ 6.60	\$ 14,256.00
Asistentes	2	60	\$ 8.85	\$ 1,062.00
				\$ 20,688.00

Anexo n° 20 Costo de Capacitación

Costo de capacitación			
Herramientas	Horas de capacitación	costo x hora capacitación	Total costo de capacitación
5 S	50	\$ 112.00	\$ 5,600.00
Kanban	50	\$ 112.00	\$ 5,600.00
Andon	50	\$ 112.00	\$ 5,600.00
Jidoka	50	\$ 112.00	\$ 5,600.00
			\$ 22,400.00

Anexo n° 21 Costo de materiales Lean

Costo materiales herramientas lean			
Materiales	Cantidad	Costo unit. (\$)	Total (\$)
Tarjetas kan ban	\$ 2,500.00	\$ 1.50	\$ 3,750.00
Señales Andon	\$ 300.00	\$ 10.00	\$ 3,000.00
			\$ 6,750.00

Anexo n° 22 Maquinarias

Maquinarias - Spool							
Maquinarias Actual- Spool				Maquinarias Proyecto- Spool			
Item	Descripción	Modelo	Cantidad	Cant. Optim.	Cant. Falta	Precio unit. (\$)	Total (\$)
1	Maquina de con	HP	8	8	0		
2	Maquina de sold	STT 455M	10	12	2	\$ 12,000.00	\$ 24,000.00
3	Maquina de sold	Invertec v350 m	12	24	12	\$ 3,000.00	\$ 36,000.00
4	Maquina soldar	DC-600	4	6	2	\$ 6,000.00	\$ 12,000.00
5	Manipulador (Ar	LQM 1.8m x 1.8	5	6	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
6	Maquina soldar	Pow erTec 255C	8	12	4	\$ 3,000.00	\$ 12,000.00
7	Platos Posiciona	SHB12	6	6	0		\$ -
8	Polines Posicion	SHB6	12	12	0		\$ -
9	Bomba hidraulic	Per - 5405G	2	4	2	\$ 800.00	\$ 1,600.00
10	Soporte	Max Jack	40	36	0	\$ 148.00	\$ -
11	Soporte	Pro- Roll	74	144	70	\$ 97.00	\$ 6,790.00
12	Sporte	Pro - Jack	56	84	28	\$ 80.00	\$ 2,240.00
13	Rotadores de 2	Tecmix 25R	3	6	3	\$ 700.00	\$ 2,100.00
14	Rotadores de 1	Tecmix 25R	3	6	3	\$ 950.00	\$ 2,850.00
15	Kit de herramier	Stanley	26	48	22	\$ 320.00	\$ 7,040.00
16	Pluma de Izaje	Fabricacion Fim	15	18	3	\$ 7,000.00	\$ 21,000.00
17	Montacarga	Toyota	1	2	1	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
18	Puente grua Tn		2	2	0		
							\$ 144,620.00

Anexo n° 23 Tiempo de Fabricación

Tiempo de Fabricación de Spool (Ø 24") - (min)				
Areas	Actual	Proyecto	Variación (%)	Variación ajustada(%)
Spool	1175	850.6	28%	17%
Ensamblaje	444	315	29%	17%
Soldadura	549	356.6	35%	21%
Control de calidad	182	179	2%	1%

Anexo n° 24 Observaciones de Incidencias

		Observaciones de Incidencias																																		Frecuencias								
Item	Causas Principales Del Problema	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40			
1.2	Mala sincronización entre las áreas	2	1	1	3	1	0	0	2	2	1	2	0	0	4	0	7	0	2	1	0	3	2	2	3	3	0	1	0	1	0	3	2	1	0	1	2	1	2	1	3	0	2	59
1.3	Órdenes de trabajo (WO) incompletas.	6	5	8	6	2	0	2	3	4	2	6	7	10	5	4	3	6	4	9	5	7	2	6	5	8	4	9	11	0	3	2	4	1	2	7	3	1	6	3	1	102		
2.4	Desorden de materiales y productos en proceso	8	8	16	9	6	7	9	7	9	8	12	6	5	12	4	5	6	1	8	9	6	11	7	8	6	17	7	3	7	9	3	7	9	6	8	4	7	3	2	8	283		
3.1	Falta de stock de materiales	2	5	0	3	8	2	7	0	1	0	0	7	0	6	3	3	3	5	0	0	4	3	2	1	8	0	2	4	0	7	2	0	3	0	4	1	2	1	2	1	102		
4.3	Falta de disponibilidad de montacargas	0	3	1	0	4	1	1	1	1	0	2	0	7	3	2	1	5	4	3	0	1	0	2	0	0	0	8	0	2	1	3	7	0	0	9	1	4	1	1	6	85		
4.4	Falta de disponibilidad de puente grúa	1	5	3	7	9	1	5	3	2	2	6	0	4	2	8	3	2	0	1	3	5	6	0	1	0	0	4	7	9	0	2	4	2	6	7	9	2	5	1	9	146		
5.3	Demora en una actividad	3	4	5	4	7	4	6	1	1	0	5	0	9	0	8	0	3	0	1	0	2	2	4	5	0	6	0	4	0	8	0	7	1	3	0	1	0	2	0	5	111		

Anexo n° 25 Toma de Tiempos de Actividades

Descripción	Toma de Tiempos de Actividades																																													Tiempo (m)	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145		
Transportar (tub/vaces)	22	23	25	37	27	22	23	26	26	20	25	21	29	26	26	27	25	30	24	31	25	31	26	27	26	21	22	22	30	28	23	29	28	27	32	32	35	26	23	28	24	26	24	21	27	26,29	
Preparado de tubos	43	41	49	46	47	43	47	50	51	49	50	55	44	48	42	46	47	44	48	49	42	48	41	41	45	47	49	50	51	57	47	46	47	45	48	49	45	43	41	39	48	49	49	47	46	46,64	
Trazos (tubo-brid)	36	38	39	41	45	35	34	39	38	37	39	42	41	44	45	38	39	36	35	37	33	39	40	34	36	38	41	40	36	32	38	36	37	39	39	34	34	36	35	38	37	36	39	40	39	37,87	
Nivelado y med. (tubo-brid)	71	77	78	76	73	70	82	77	81	75	74	78	76	79	77	74	75	77	72	80	81	75	74	72	70	71	71	70	79	78	72	76	77	74	80	75	73	77	77	78	71	70	75	76	75,04		
Apuntalado (tubo-brid)	35	36	33	34	37	39	33	31	39	35	40	35	39	37	36	33	35	34	38	34	35	36	34	38	37	36	34	33	38	40	41	36	39	37	37	35	32	39	37	38	39	33	34	38	36	36,11	
Transporte- SOLDADURA	15	19	21	17	18	16	19	22	24	25	19	17	19	16	15	21	16	18	15	18	17	19	15	16	16	18	17	19	15	20	19	17	15	16	18	19	17	19	19	17	17	16	19	20	21	18,02	
Preparado (tubo intersección)	25	30	27	29	27	28	26	24	28	27	29	28	26	25	24	23	28	27	25	29	32	31	35	30	30	36	29	30	30	27	27	28	29	34	32	28	31	35	34	36	30	29	36	29	29,07		
Trazos (tubo-intersección)	49	45	47	48	52	51	47	46	50	47	49	50	51	47	46	49	47	51	52	54	49	49	51	47	46	45	47	46	51	50	52	49	49	46	48	50	53	56	52	55	51	54	49	46	45	49,20	
Nivelado y med. (tubo-inters)	65	68	66	69	64	70	69	71	73	70	68	64	66	67	70	69	66	65	69	71	73	70	68	67	69	66	65	64	70	69	71	67	69	66	70	68	66	69	71	66	69	67	68	69	68	66	68,16
Apuntalado (tubo-intersec)	33	36	38	39	34	37	39	41	35	40	36	42	33	35	37	37	39	42	43	40	36	38	36	37	35	41	36	38	39	40	35	34	33	34	31	33	35	36	33	35	39	41	42	43	38	37,20	
Transporte- SOLDADURA	18	22	19	20	23	21	20	19	24	26	18	19	22	17	20	23	21	24	22	19	21	24	18	22	20	24	23	21	19	22	24	25	22	19	23	25	18	19	23	24	21	26	17	19	20	21,24	
Pase Raiz (tubo-brid)	99	106	105	108	106	100	102	107	109	103	104	106	110	111	107	105	103	100	99	104	105	105	107	109	101	103	101	100	106	105	108	104	102	107	110	108	107	109	112	101	103	100	104	106	108	105,00	
Transporte a Sold. Acabado	15	17	19	15	16	18	17	14	18	20	15	17	16	18	21	19	18	17	15	14	16	19	17	20	21	22	14	17	19	15	17	17	14	16	15	13	19	17	16	17	18	14	19	15	19	17,00	
Pases Acabado(tub-brid)	158	163	164	162	159	159	157	148	158	163	162	165	159	166	154	164	165	160	166	162	161	164	161	159	163	164	165	160	160	159	157	156	159	151	154	150	150	159	154	153	151	150	159	164	159	159,02	
Transporte a ARMADO	16	20	19	22	23	21	26	19	24	26	18	19	22	17	24	23	21	24	22	19	21	24	21	22	18	24	23	21	19	22	24	25	22	19	23	25	18	19	23	16	19	13	19	20	21	21,02	
Pase Raiz (tubo-intersección)	63	67	65	70	64	70	69	71	73	69	68	64	66	67	71	72	69	66	65	69	71	73	69	68	67	69	63	65	64	70	69	73	67	69	66	71	68	66	69	70	66	69	67	66	67	68,00	
Transporte a Sold. Acabado	17	20	22	17	18	16	19	22	24	25	19	17	19	16	15	21	16	18	14	18	19	19	17	16	18	17	19	14	20	19	17	15	16	17	19	17	19	19	19	15	16	19	18	17	19	18,00	
Pase Acabado (tubo-intersec)	135	130	128	140	143	138	139	133	130	129	138	137	140	139	141	133	129	133	132	134	137	133	138	135	140	129	130	134	134	134	131	129	128	137	139	140	140	143	136	137	131	138	135	129	137	135,00	
Transporte a Control calidad	29	25	29	22	23	29	26	27	24	26	27	19	22	29	24	23	29	24	22	30	29	24	21	22	31	24	23	29	29	22	24	25	22	32	23	25	30	31	23	27	29	28	30	29	30	26,02	
control dimensional	49	45	47	48	49	43	47	46	44	47	49	50	51	47	46	49	47	51	44	45	49	49	47	46	45	47	46	44	50	49	49	49	46	48	50	53	45	52	55	51	54	49	46	49	46,02		
Times Penetrantes	41	40	39	37	44	43	42	41	38	44	37	36	44	48	42	41	47	44	40	33	42	39	41	45	35	34	36	36	35	34	46	39	37	35	38	45	43	40	42	48	39	36	38	37	40,04		
Rayos x (RX)	31	29	31	31	34	31	32	33	29	27	29	26	25	27	29	35	31	29	31	33	26	27	29	32	30	30	36	31	31	30	26	34	33	27	31	33	35	26	33	35	26	25	29	27	25	30,00	
Prueba Hidrostatica (PH)	52	45	47	48	41	51	47	46	44	47	49	50	44	47	46	49	47	51	44	54	49	52	44	47	51	45	47	46	51	53	43	49	49	46	48	50	42	51	49	55	51	45	52	49	49	46,04	
Transporte a Zona de acopio a pintura	16	14	17	15	16	16	17	14	18	18	15	17	16	18	19	17	18	17	13	14	16	13	17	20	17	22	14	17	15	15	17	14	14	16	15	13	19	17	16	17	14	14	15	15	13	16,00	

Anexo n° 26 V de Cramér

	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	V	X	Y	Z
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	DPa	DPp	Pa	Pp	Total
Ensamble	0.08	0.32	2.52	2.74	5.67
Soldadura	0.11	0.32	1.19	1.34	2.96
QC	0.05	0.06	1.31	1.50	2.92
Total	0.24	0.71	5.02	5.58	11.55

	DPa	DPp	Pa	Pp	X ² _{exp} →DF	X ² _{exp} →DPp	X ² _{exp} →Pa	X ² _{exp} →Pp	X ² _{exp}	± X ² _{exp/h}
Ensamble	0.12	0.35	2.46	2.74	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Soldadura	0.06	0.18	1.29	1.43	0.04	0.11	0.01	0.01	0.16	0.05
QC	0.06	0.18	1.27	1.41	0.00	0.07	0.00	0.01	0.08	0.03
Total	0.24	0.71	5.02	5.58	0.05	0.18	0.01	0.01	0.26	0.08

x ² _{exp}	0.26
x ² _{exp/h}	0.08
n	11.55
p	3
V	0.40


V _{Ensamble}	0.07
V _{Sold}	0.33
V _{QC}	0.24


$0 < V < 1$


$V = \sqrt{\chi^2_{exp} / n(p-1)}$


$V = \sqrt{\chi^2_{exp} / n(p-1)}$

Anexo n° 27 Cuestionario de encuestas

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>Diego pascual Sandoval</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>Supervisor Remedio</u>	
Edad: <u>35</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="checkbox"/> 1
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="checkbox"/> 3
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="checkbox"/> 1
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="checkbox"/> 3
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 3
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 3
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="checkbox"/> 5
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="checkbox"/> 5
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="checkbox"/> 3
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="checkbox"/> 3
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="checkbox"/> 3
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="checkbox"/> 3
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="checkbox"/> 3
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="checkbox"/> 3
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="checkbox"/> 1
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="checkbox"/> 1
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="checkbox"/> 5
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="checkbox"/> 3
Fecha: <u>03, 03, 2015</u>	
Si, estoy en conformidad con las informaciones llenadas	
Firma:	


ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>Gonzalo Prada Rios</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>SUPERVISOR DE SOLDADURA.</u>	
Edad: <u>34</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="text" value="1"/>
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="text" value="1"/>
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="text" value="1"/>
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="text" value="1"/>
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="text" value="5"/>
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="text" value="5"/>
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="text" value="3"/>
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="text" value="3"/>
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="text" value="3"/>
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="text" value="3"/>
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="text" value="1"/>
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="text" value="1"/>
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="text" value="1"/>
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="text" value="3"/>
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="text" value="3"/>
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="text" value="1"/>
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="text" value="1"/>
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="text" value="5"/>
5.4 ¿Cree que deberian evaluar al personal?	<input type="text" value="3"/>
Fecha: <u>03/03/2015</u>	
SI, estoy en conformidad con las informaciones llenadas	
Firma: <u></u>	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>ALDO LIZARRAGA</u>	Valores de respuestas:
Cargo: <u>SUPERVISOR DE CONTROL CALIDAD</u>	1 : Muy bajo, casi no
Edad: <u>34</u>	3 : Regular, mas o menos
e-mail: _____	5 : Bueno, si
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="text" value="3"/>
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="text" value="1"/>
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="text" value="1"/>
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="text" value="1"/>
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="text" value="3"/>
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="text" value="3"/>
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="text" value="5"/>
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="text" value="5"/>
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="text" value="1"/>
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="text" value="1"/>
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="text" value="1"/>
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="text" value="1"/>
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="text" value="1"/>
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="text" value="1"/>
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="text" value="1"/>
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="text" value="3"/>
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="text" value="1"/>
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="text" value="3"/>
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="text" value="3"/>
Fecha: <u>03/03/2015</u>	
SI, estoy en conformidad con las informaciones brindadas	
Firma: 	


ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
<i>Datos del Contacto</i>	
Nombre: <u>FREDY RAMIREZ SOSA</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>SUPERVISOR DE HABILIDAD</u>	
Edad: <u>38</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="text" value="1"/>
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="text" value="1"/>
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="text" value="3"/>
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="text" value="1"/>
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="text" value="3"/>
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="text" value="3"/>
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="text" value="3"/>
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="text" value="1"/>
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="text" value="3"/>
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="text" value="1"/>
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="text" value="1"/>
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="text" value="1"/>
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="text" value="1"/>
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="text" value="1"/>
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="text" value="1"/>
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="text" value="1"/>
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="text" value="1"/>
5.3 ¿Cuánto se demoran en una actividad?	<input type="text" value="3"/>
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="text" value="1"/>
Fecha: <u>16, 04, 15</u>	
Si, estoy en conformidad con las informaciones llenadas	
Firma: 	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>ROBERTO AVILA GARCIA MORALES</u>	Valores de respuestas:
Cargo: <u>SUPERVISOR DE ALMACEN</u>	1 : Muy bajo, casi no
Edad: <u>29</u>	3 : Regular, mas o menos
e-mail: _____	5 : Bueno, si
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="text" value="4"/>
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="text" value="3"/>
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="text" value="4"/>
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="text" value="4"/>
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="text" value="4"/>
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="text" value="3"/>
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="text" value="3"/>
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="text" value="5"/>
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="text" value="5"/>
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="text" value="4"/>
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="text" value="4"/>
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="text" value="4"/>
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="text" value="4"/>
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="text" value="4"/>
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="text" value="4"/>
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="text" value="4"/>
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="text" value="4"/>
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="text" value="3"/>
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="text" value="4"/>
Fecha: <u>16/04/15</u>	
Si, estoy en conformidad con las informaciones llenadas	
Firma: 	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre:	<u>Sally Benavente Ruiz</u>
Cargo:	<u>Supervisor Antena</u>
Edad:	<u>34</u>
e-mail:	_____
Valores de respuestas:	
	1 : Muy bajo, casi no
	3 : Regular, mas o menos
	5 : Bueno, si
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="checkbox"/> 1
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="checkbox"/> 1
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="checkbox"/> 1
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="checkbox"/> 1
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 3
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 3
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="checkbox"/> 5
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="checkbox"/> 5
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="checkbox"/> 3
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="checkbox"/> 1
4.2 ¿Hay pérdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="checkbox"/> 1
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="checkbox"/> 1
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="checkbox"/> 1
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="checkbox"/> 1
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="checkbox"/> 1
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="checkbox"/> 3
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="checkbox"/> 1
Si, estoy en conformidad con las informaciones llenadas	
Fecha:	<u>16/04, 2015</u>
Firma:	<u>Sally Benavente</u>

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>Juan Carlos Valentin Hanzarous</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>Tecnico Calderero</u>	
Edad: <u>25</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="text" value="3"/>
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="text" value="5"/>
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="text" value="5"/>
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="text" value="3"/>
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="text" value="5"/>
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="text" value="5"/>
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="text" value="3"/>
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="text" value="3"/>
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="text" value="1"/>
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="text" value="1"/>
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="text" value="1"/>
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="text" value="5"/>
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="text" value="3"/>
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="text" value="5"/>
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="text" value="5"/>
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="text" value="1"/>
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="text" value="1"/>
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="text" value="3"/>
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="text" value="3"/>
Fecha: <u>20/05/2015</u>	
<input type="checkbox"/> Si, estoy en conformidad con las Informaciones Recibidas	
Firma: 	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>Antony Salazar Sierra</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>Tecnico Soldador</u>	
Edad: <u>29</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="checkbox"/> 1
1.2 ¿Existo sincronización entre las áreas?	<input type="checkbox"/> 3
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="checkbox"/> 5
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="checkbox"/> 3
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 3
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 2
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="checkbox"/> 2
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="checkbox"/> 3
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="checkbox"/> 1
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="checkbox"/> 1
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="checkbox"/> 1
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="checkbox"/> 1
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="checkbox"/> 3
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="checkbox"/> 3
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="checkbox"/> 1
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="checkbox"/> 3
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="checkbox"/> 3
Fecha: <u>20 / 05 / 2015</u>	
SI, estoy en conformidad con las informaciones firmadas	
Firma: 	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>Miguel Alvarado Hinostrero</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>OFICIAL</u>	
Edad: <u>28</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="text" value="5"/>
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="text" value="5"/>
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="text" value="3"/>
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="text" value="3"/>
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="text" value="5"/>
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="text" value="5"/>
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="text" value="5"/>
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="text" value="5"/>
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="text" value="1"/>
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="text" value="1"/>
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="text" value="1"/>
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="text" value="5"/>
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="text" value="3"/>
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="text" value="3"/>
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="text" value="3"/>
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="text" value="3"/>
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="text" value="3"/>
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="text" value="3"/>
5.4 ¿Cree que deberian evaluar al personal?	<input type="text" value="3"/>
Fecha: <u>20, 05, 2015</u> Sí, estoy en conformidad con las informaciones llenadas Firma: 	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>Jorge Luis Quinto</u>	Valores de respuestas: 1 : Muy bajo, casi no 3 : Regular, mas o menos 5 : Bueno, si
Cargo: <u>Operador de Monte Grúa</u>	
Edad: <u>28</u>	
e-mail: _____	
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="checkbox"/> 3
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="checkbox"/> 3
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="checkbox"/> 1
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="checkbox"/> 3
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciación sobre la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 3
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 1
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="checkbox"/> 5
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="checkbox"/> 5
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="checkbox"/> 1
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="checkbox"/> 1
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="checkbox"/> 1
4.2 ¿Hay pérdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="checkbox"/> 1
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="checkbox"/> 1
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grúa ?	<input type="checkbox"/> 3
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="checkbox"/> 3
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="checkbox"/> 3
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="checkbox"/> 5
5.4 ¿Cree que deberían evaluar al personal?	<input type="checkbox"/> 3
Fecha: <u>17.06.15</u>	
Si, estoy en conformidad con las informaciones llenadas	
Firma: 	

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - TFSA	
Datos del Contacto	
Nombre: <u>CARRIS JUAN ABRAMO</u>	Valores de respuestas:
Cargo: <u>OPERADOR DE MONTACARGAS</u>	1 : Muy bajo, casi no
Edad: <u>36 AÑOS</u>	3 : Regular, mas o menos
e-mail: _____	5 : Bueno, si
1. METODO	
1.1 ¿Cómo calificaría el procedimiento de trabajo del area de spool?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
1.2 ¿Existe sincronización entre las áreas?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
1.3 ¿Existe ordenes de trabajo (WO) incompletas?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
1.4 ¿Cree que las funciones estan bien definidas ?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
2. INFRAESTRURA	
2.1 ¿Cuál es su apreciacion sobre la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
2.2 ¿Cree que hubo estudio para la disposición de planta?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
2.3 ¿Los espacios son bien aprovechados?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
2.4 ¿Qué nos puede decir a cerca del desorden de materiales y productos en proceso?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
3. MATERIALES	
3.1 ¿Cómo evalua la dotación de materiales en el proceso de fabricación?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
3.2 ¿Cómo es el tiempo de demora de la adquisición de materiales?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
3.3 ¿Cuál es su apreciación a cerca de la planeación en las compras de materiales?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
4. MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
4.1 ¿Cómo calificaría la cantidad de herramientas disponibles en la planta?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
4.2 ¿Hay perdida de herramientas en las estaciones de trabajo?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
4.3 ¿Cuál es la disponibilidad del montacargas?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
4.4 ¿Cuál es la disponibilidad del puente grua ?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
5. PERSONAL	
5.1 ¿Cuál es el nivel de capacitación del personal?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
5.2 ¿El personal sabe sus funciones?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
5.3 ¿Que tanto se demoran en una actividad?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
5.4 ¿Cree que deberian evaluar al personal?	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
<p>Fecha: <u>12/09/2015</u></p> <p>SI, estoy en conformidad con las informaciones llenadas</p> <p>Firma: </p>	

Anexo n° 28 Ficha Técnica de Encuestas.

FICHA TECNICA DE ENCUESTAS	
Trabajo de campo	3 marzo -17 junio 2015
Ubicación	Empresa FIMA Callao, Perú
Diseño muestral	Muestra en la empresa
Universo	Areas de la empresa
Nivel de confianza	0.95
Error muestral	(+ - 4)
Tamaño de la muestra	11
Instrumento de recolección	Cuestionario de preguntas
Sistema de consulta	Encuesta presencial

Anexo 29. Justificación Salud Ocupacional

Justificación Salud ocupacional - FIMA				
Item	Incidentes	2014	2015	Total prom
1	Incidentes leves	12	16	14
2	Incidentes medio	1	2	1.5
3	Incidentes Graves	0	0	0

Fuente: SOMA -FIMA

Elaboración: Los investigadores