



Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecánica

Programa Especial de Titulación

“Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la
productividad en la fabricación de tuberías spools en acero al
carbono en una empresa Metal Mecánica ubicada en el Callao”

Herbert Atilio García Pozo

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor: Fidel Tomas Monteza Zevallos

Lima - Perú
2022

Índice

	Pág.
1. Resumen	1
2. Problema de ingeniería	2
3. Objetivos.....	8
4. Estado del Arte y Marco Teórico	9
4.1 Estado del Arte.....	9
4.2. Marco teórico	11
4.2.1 Lean Manufacturing.....	11
4.2.2 Herramientas empleadas dentro de Lean Manufacturing	14
4.2.2.1 Kanban.....	14
4.2.2.2 SMED.....	15
4.2.2.3 Las 5'S	16
4.2.2.4 Justo a tiempo (Just in time).....	18
4.2.2.5 Jidoka.....	19
4.2.2.6 Poka Yoke.....	20
4.2.2.7 Mapa del flujo de valor (VSM – Value Stream Map)	20
4.2.3 Procesos de soldadura.....	21
4.2.3.1 Proceso SMAW	22
4.2.3.2 Proceso GTAW	23
4.2.3.3 Proceso FCAW	24
4.2.3.4 Proceso SAW	25
4.2.4 Definición de términos.....	26
5. Trabajo realizado	30
5.1 Análisis Actual.....	30
5.1.1 Análisis diagrama causa - efecto.....	38

5.2 Alternativas de solución	42
5.2.1 Análisis Comparativo de Metodologías.....	43
5.3 Implementación de Lean Manufacturing.....	45
5.3.1 Equipos y máquinas para la implementación.....	56
5.3.2 Equipos para el proceso de soldadura rotada	57
5.3.3 Recursos humanos para la implementación.....	59
6. Resultados.....	61
6.1 Flujograma inicial	64
6.2 Flujograma mejorado	65
7. Conclusiones	66
7.1 Recomendaciones	67
8. Bibliografía.....	68
9. Anexos.....	70

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1: Mapa de procesos	3
Figura 2: Etapas productivas principales.....	4
Figura 3: Diagrama Pareto.....	5
Figura 4: Avance de producción PD/Mes antes de la implementación	6
Figura 5: Indicadores de elementos rechazados antes de la implementación	7
Figura 6: 7 Tipos de mudas [7]	13
Figura 7: Principios de soldadura.....	21
Figura 8: Proceso SMAW [8].....	22
Figura 9: Proceso GTAW [9]	23
Figura 10: Proceso FCAW [10]	24
Figura 11: Proceso SAW [11].....	25
Figura 12: Almacén de tuberías spools.....	31
Figura 13: Maquina CNC de Habilitado por corte Plasma.	32
Figura 14: Desorden de elementos cortados	33
Figura 15: Proceso de armado.....	34
Figura 16: Proceso de Soldadura deficiente	35
Figura 17: Pintura de tuberías spools	36
Figura 18: Inspección de elementos armados.....	36
Figura 19: Área de despacho.....	37
Figura 20: Diagrama Causa-Efecto.....	40
Figura 21: Método del árbol	41
Figura 22: Diagrama VSM.....	45
Figura 23: Incidencia en el proceso representado en minutos	46
Figura 24: Soldadura Rotada.....	48
Figura 25: Nivelación de spools mediante caballetes regulables	50
Figura 26: Puente grúa de la línea de producción.....	51
Figura 27: Código de colores aplicando Kanban.....	52
Figura 28: Tarjetas Kanban.....	53
Figura 29: Implementación 5S	55
Figura 30: Implementación de caballetes ajustables	56
Figura 31: Plato Rotador.....	57

Figura 32: Rodillos giratorios	58
Figura 33: Capacitación del personal.....	59
Figura 34: Avance producción con la implementación de Lean Manufacturing	61
Figura 35: Curva S general del proyecto.....	62
Figura 36: Índice de elementos rechazados con la implementación de Lean.....	63
Figura 37: Flujograma inicial.	64
Figura 38: Flujograma Mejorado.Figura 39: Flujograma inicial.....	64
Figura 40: Flujograma Mejorado.	65
Figura 41: Flujograma Mejorado.	65

Índice de Tablas

	Pág
Tabla 1: Análisis comparativo de metodologías	43
Tabla 2: Análisis comparativo detallado de metodologías	44
Tabla 3: Incidencia en el proceso representado en minutos.....	46
Tabla 4: Motivos de parada.....	47
Tabla 5: Toma de tiempos proceso mejorado	49
Tabla 6: Cantidad de spools en Línea.....	54
Tabla 7: presupuesto plato rotador	57
Tabla 8: presupuesto rodillo giratorio	58
Tabla 9: Análisis costo de Hora Hombre para capacitar al personal	59
Tabla 10: Análisis costo de la capacitación de Lean Manufacturing.....	60
Tabla 11: Costo Total de implementación	60

1. Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar la productividad en la fabricación de tuberías spools en acero al carbono aplicando el sistema Lean Manufacturing en una empresa metal mecánica, En la fabricación de tuberías spools lleva diferentes procesos en los cuales según estimaciones y ratios considerados a proyectos anteriores se evidencia que estamos por debajo a una productividad ideal.

En la fabricación de tuberías spools los procesos críticos a considerar son el área de corte, armado y soldadura los cuales nos vamos a enfocar a fondo para optimizar estos procesos.

Para la implementación de una mejora de productividad se debe de partir de una herramienta de ingeniería la cual será Lean Manufacturing que permita mejoras en los procesos a su vez se implementaran dispositivos móviles en el área de soldadura, el proceso manual de soldadura que se empleaba con anterioridad se realizara un proceso semiautomático con la implementación de rotadores aumentando considerablemente la producción de dichas operaciones acompañado de herramientas de mejora continua y capacitaciones al personal de las mismas.

Estas etapas previas mencionadas generan un incremento en la producción de un 25%, siendo esta una mejora considerable para la compañía teniendo en cuenta las necesidades de mejora continua que implican las empresas que siempre están en busca de la competitividad por ser las mejores en su rubro.

2. Problema de ingeniería

La empresa Metal mecánica ubicada en el Callao es una de las empresas más grandes y reconocidas en el rubro con una trayectoria de más de 50 años en la fabricación de equipos, tanques y tuberías Spools dentro de su especialidad, la empresa ejecutó diversas obras tanto nacionales como internacionales.

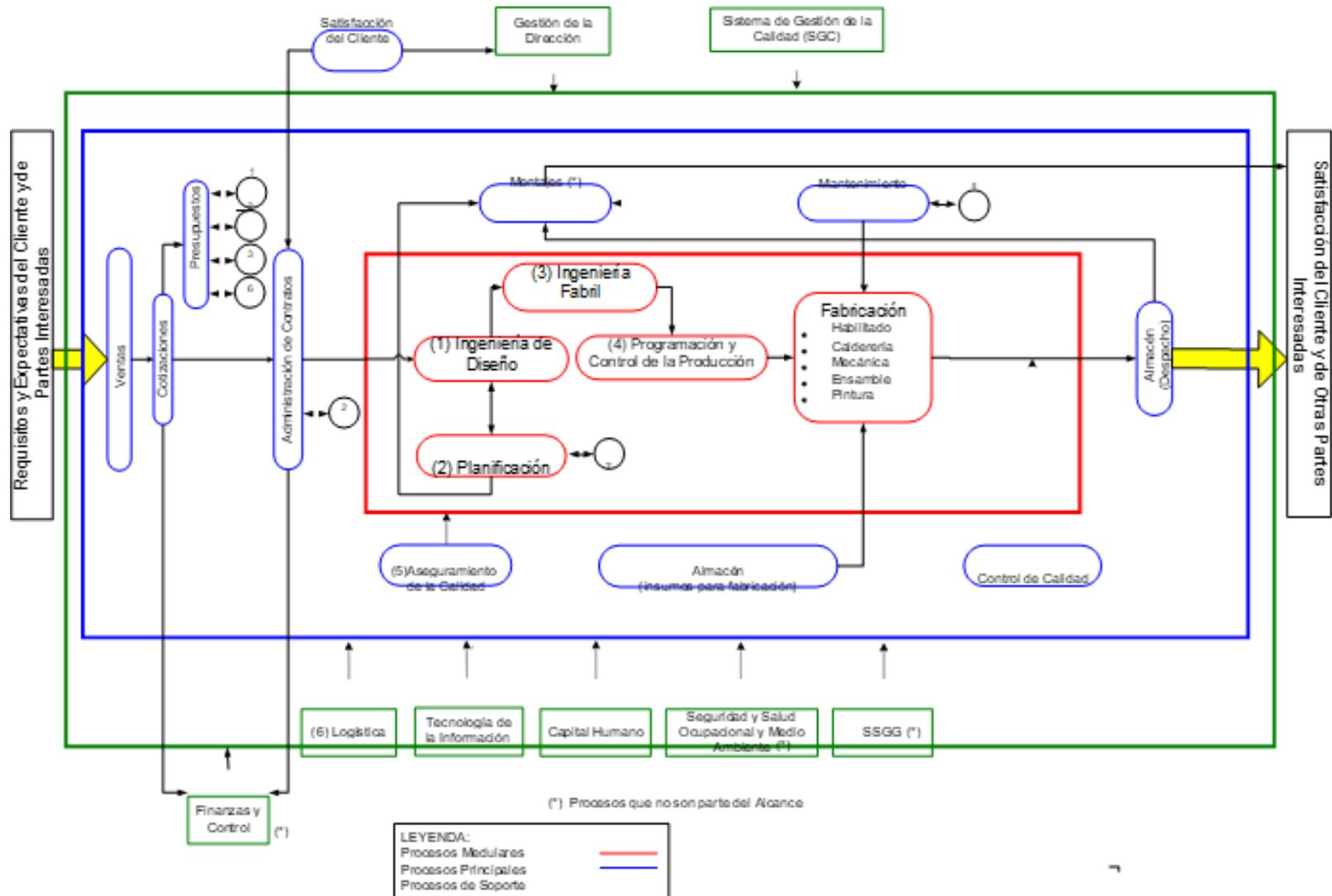
La empresa está dentro de las principales empresas del rubro hidrocarburos y cada año compiten en licitaciones de diferentes proyectos para poder adjudicárselos, esto conlleva a que la empresa tenga que ofrecer bajos costos, manteniendo los mismos estándares de calidad y a su vez plasmando fechas de entrega que se adecuen a las exigencias de los clientes.

Para esto se debe tener en cuenta que los procesos deben ser eficientes desde el inicio al final de la cadena productiva.

El presente trabajo de investigación tiene como propósito fundamental la mejora de la productividad en la fabricación de tuberías spools de acero al carbono utilizando mediante el sistema Lean Manufacturing se viene aplicando en el Proyecto de Modernización Refinería ubicado en el norte del Perú, el proyecto contempla la pre - fabricación de tuberías de acero al carbono, con una duración de 2 años 2 meses dentro de las partidas contractuales y con una producción de 265,000.00 Pulgadas diametrales por soldar.

En la actualidad con la licitación ganada del proyecto y etapa de ejecución del mismo se evidencia que el proyecto se encuentra con retrasos, el cual nos llevara a incumplimientos y posibles penalizaciones.

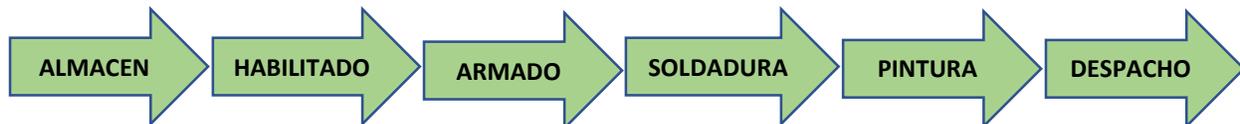
Figura 1: Mapa de procesos



En la figura 1, se describe el flujograma de la empresa y las áreas que están relacionadas directa e indirectamente con él los procesos de fabricación, como se puede apreciar en la parte central se encuentran los procesos principales.

La etapa productiva de la fabricación de tuberías spools de acero al carbono tiene diferentes etapas productivas, almacén es donde se solicita la materia prima como tubos, bridas, codos, tees, ángulos y demás accesorios para completar la fabricación según programación asignada, luego sigue el proceso corte o habilitado el cual se encarga de cortar a las medidas según planos para la conformación de tuberías spools, el proceso de armado consiste en unir (mediante el proceso de soldadura apuntalada) los elementos cortados más los accesorios debidamente nivelados y a escuadra, luego sigue el proceso de soldadura el cual se utiliza los procesos FCAW - tubular y/o SAW- arco sumergido, luego el proceso de pintura que sirve para poder dar un tratamiento superficial y evitar la corrosión en dichos elementos y por último el despacho a obra, sin duda dentro de la empresa se tienen más procesos adicionales pero como etapa productivas como tal tenemos las siguientes:

Figura 2: Etapas productivas principales

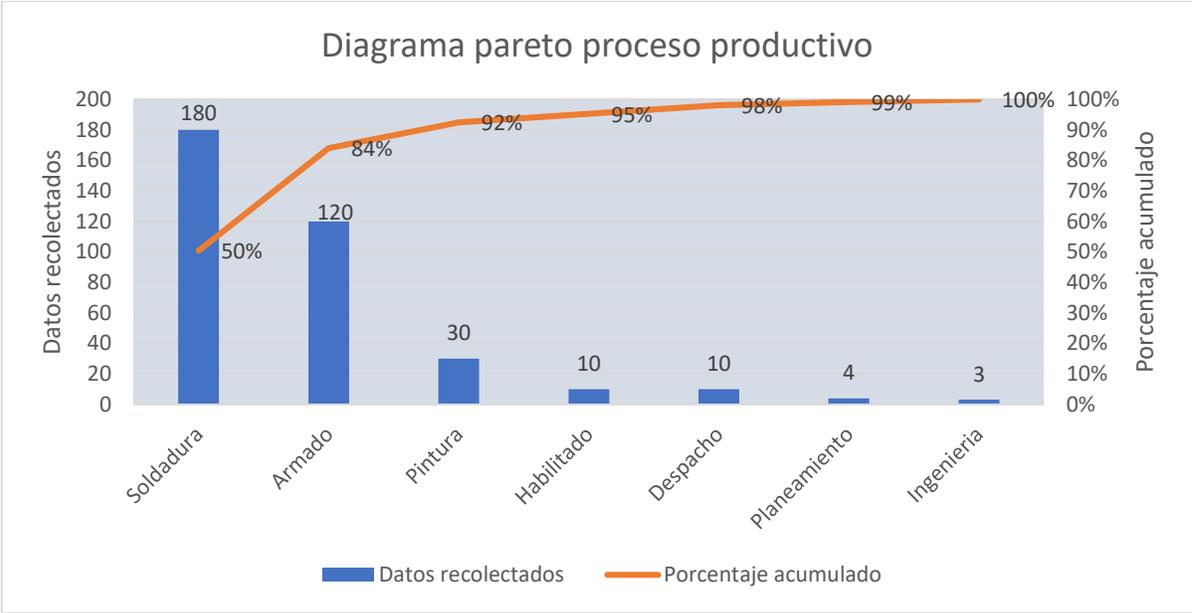


Al inicio del proyecto se presentó un ligero retraso en los cronogramas y en campo se evidencio desorden en las líneas productivas, reprocesos excesivos en productos terminados, falta de capacitación del personal involucrado, maniobras innecesarias de los productos al pasar a los siguientes procesos, todo esto generan retrasos respecto a las fechas establecidas según cronogramas.

Expuesta la problemática de la empresa, se evidencia que se debe aplicar una metodología la cual permita corregir las falencias y mejorar los procesos para recuperar y estar por encima de los indicadores, se debe corregir lo antes mencionado debido a que se originan Perdidas de dinero, penalizaciones y perjuicios en contra de la compañía por lo antes expuesto.

Determinar el proceso más crítico. – teniendo en consideración lo antes mencionado se evalúa el proceso que productivo que tiene mayor importancia y por ende mayor criticidad donde se debe enfocar para realizar las mejoras que se consideren de mayor impacto en el proyecto.

Figura 3: Diagrama Pareto



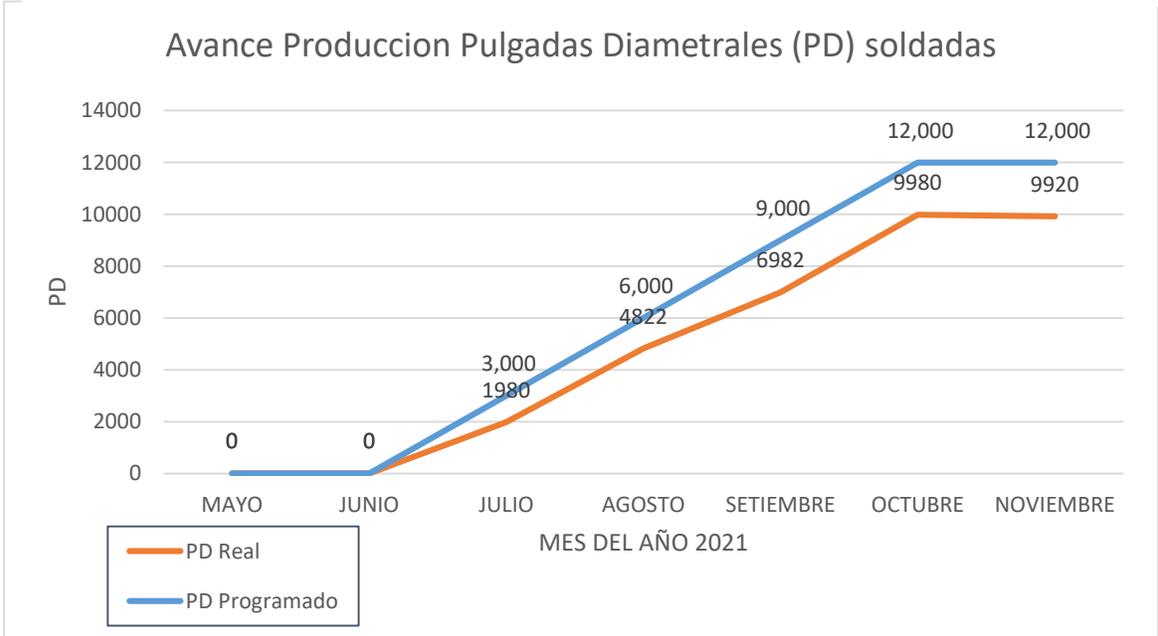
Dentro de los indicadores de producción se tiene identificado como principales indicadores las pulgadas diametrales soldados e índices de rechazo de elementos fabricados, donde se evidencia los retrasos según lo planificado.

Avance de Producción Pulgadas Diametrales (PD)

En el mes de mayo y junio 2021 se inicia el proyecto detallando los planos de ingeniería y gestionando la llegada de los suministros y/o materiales para la fabricación, contemplando el inicio productivo en el mes de Julio 2021 a medida que se tienen más frentes de trabajo obviamente se incrementó la producción hasta abarcar la capacidad total de la empresa, se puede evidenciar que hasta el mes de noviembre 2021 las Pulgadas Diametrales fabricadas están por debajo de lo panificado inicialmente.

Los indicadores como PD programados se tienen contempladas referente a la base de datos de la compañía de proyectos llevado a cabo con anterioridad y a su vez la experiencia a lo largo de los años de la empresa se puede evidenciar que se requiere realizar una mejora de manera pronta y oportuna, la cual entrará en implementación a partir del mes de diciembre 2021 el cual se podrá apreciar más adelante en el presente informe.

Figura 4: Avance de producción PD/Mes antes de la implementación

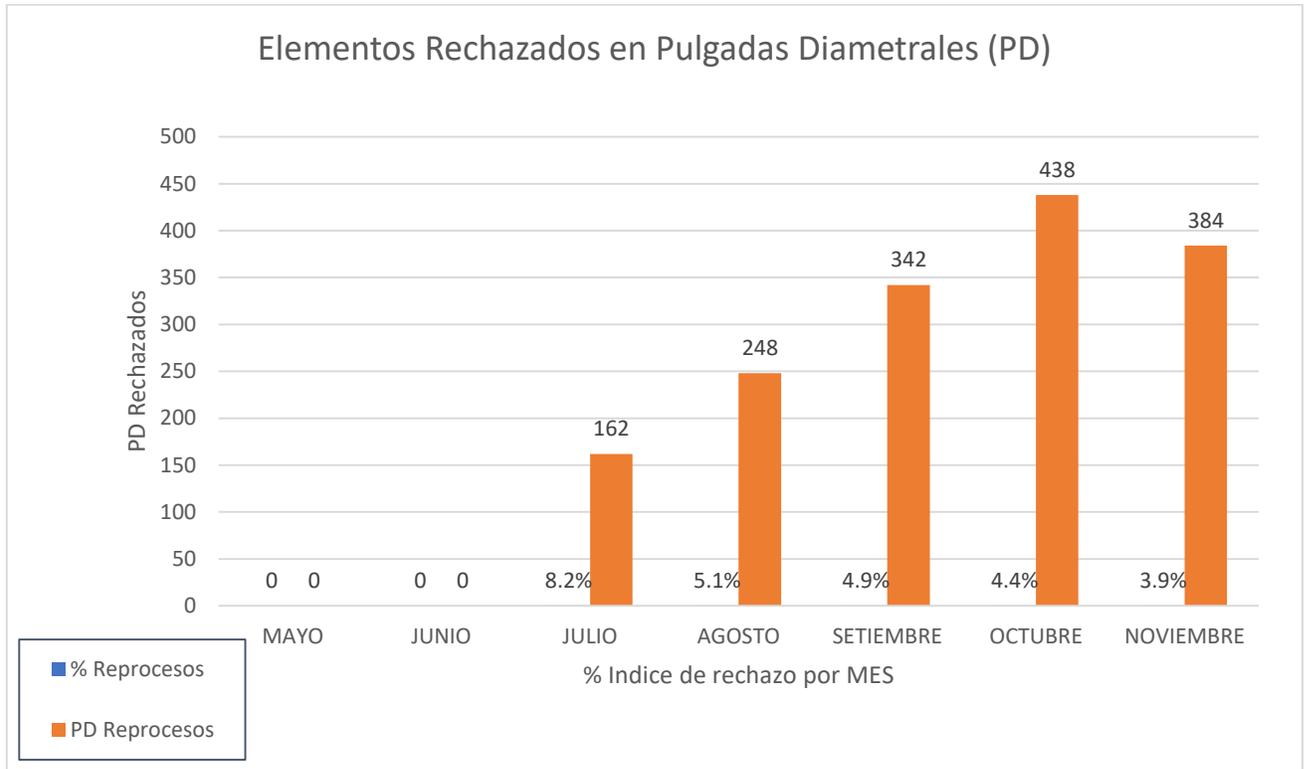


Elementos Rechazados en Pulgadas Diametrales (PD)

En la figura 4 representa la cantidad de Pulgadas Diametrales (PD) Rechazadas por el departamento de Calidad en el cual según los procedimientos y ensayos no destructivos (NDT) no pasaron las pruebas correspondientes. A su vez se evidencia el porcentaje de rechazo por mes, donde la cantidad de rechazos por mes entre la cantidad de PD total producidas en un mes.

En el mes de Julio 2021 el primer mes iniciado la producción se evidencia un mayor porcentaje de rechazo, en estos 5 primeros meses de julio a noviembre 2021 se tiene un promedio de 5.3 % de Rechazo, los cuales se estima poder reducir mediante la implementación de la herramienta Lean que se desarrolla a partir del mes de diciembre 2021.

Figura 5: Indicadores de elementos rechazados antes de la implementación



3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de tuberías Spools en acero al carbono para una empresa Metal Mecánica.

3.2 Objetivos Específicos

- Disminuir el índice de rechazos de elementos fabricados.
- Realizar la capacitación del personal con la mejora de los procesos de producción para la fabricación de tuberías de acero al carbono.

4. Estado del Arte y Marco Teórico

4.1 Estado del Arte

En [1], Realizó un estudio identificando la complejidad de realizar soldaduras en posición sobre cabeza, esta operación de soldadura es la mas compleja debido a que el charco de soldadura que se origina por la fusión de elementos a soldar tiende a caer por la gravedad donde se requiere una mayor pericia por el operador para realizar un correcto cordón de soldadura y garantizando la fusión correcta de los elementos, el desprendimiento de metal fundido también es perjudicial para el operario pues tiende a caer sobre él.. Bajo esta premisa se evidencia que el proceso de soldadura requiere de una mayor pericia y a su vez por las posiciones que opta el operario no son ergonómicas originando un cansancio físico y en ocasiones generando lesiones lumbares a los soldadores que evidentemente generan perdidas hacia la empresa.

En [2], Se lleva a cabo capacitaciones e implementaciones de las herramientas Lean manufacturing en las cuales se evidencia que siempre existe una resistencia al cambio de los trabajadores involucrados al tratar de implementar un nuevo modelo de trabajo, para esto se debe apoyar a la sostenibilidad de la aplicación e instaurar prácticas de aprendizaje continuo en la empresa con el respaldo desde gerencia hasta el personal operario que según evaluación de implementaciones de este tipo de metodologías alcanzan el éxito cuando todo el personal está comprometido e involucrado en una nueva modalidad de trabajo.

En [3], se evidencia que, en las mejoras de procesos de producción los enfoques de de actividades, funciones u operaciones se han vuelto esenciales para reducir la ocurrencia de eventos adversos para la empresa. Los elementos rechazados están estrechamente relacionados con eventos adversos que involucran uno o más factores relacionados con el proceso. La identificación, análisis, evaluación, tratamiento, reporte y control de estos eventos adversos asegurará una mayor calidad del producto y productividad en el proceso de fabricación, por lo antes mencionado debemos determinar que procesos generan valor al producto final y cuales en realidad generan un valor sustancial al producto final para enfocarnos de una manera más detallada en esta etapa.

En [4], Varios procesos de soldadura son concurrentes para su aplicación en recubrimientos de superficies, y el uso de soldadura de alambre tubular (FCAW- soldadura por arco de núcleo fijo) aporta ventajas metalúrgicas a alta productividad, buena calidad y bajo costo. Sin embargo, este proceso de soldadura presenta una considerable gama de factores operativos de influencia en la calidad y propiedades del metal de soldadura depositado, entre los que destacan la pieza de boquilla de contacto de corriente, voltaje, velocidad de soldadura, flujo y distancia. El proceso FCAW se evidencia que es uno de los procesos manuales de soldadura de un mayor rendimiento debido a que el alambre tubular es constante y no requiere de realizar cambios constantes de consumibles como otros procedimientos.

En [5], en su investigación referente a la calificación de procedimientos de tuberías La soldadura es uno de los métodos más empleados industrialmente para unir metales. A su vez, se caracteriza por ser un proceso de fabricación de amplia aplicación, por lo que no es posible que ingenieros y soldadores hagan una predicción absoluta del resultado de esta operación, pues se sabe que, incluso con el uso de altas tecnologías, la presencia de discontinuidades o defectos es una característica recurrente en este tipo de uniones.

La ocurrencia de problemas de soldadura debido al uso de procedimientos inadecuados puede causar defectos en los cordones de soldadura (por ejemplo, grietas, fallas de fusión e inclusiones), afectar negativamente la vida útil y la operación de los equipos industriales, se minimizan los errores, pero por ser operaciones manuales y dependen de la pericia del soldador están expuestos a tener índices de rechazos, pero a su vez nos brinda alcances generales para minimizar dichas discontinuidades.

En [6], concluye que debido a la implementación de herramientas Lean aumenta la productividad de manera exitosa y a su vez reduce los índices de productos rechazados a su vez detalla las herramientas empleadas que se deben ajustar a cada proceso dependiendo el análisis respectivo en donde es necesario aplicar las herramientas lean y no hacerlo de una manera desproporcionada que sin duda serán beneficiosas, pero no necesarias en algunas etapas que no generan el valor necesario al producto final.

4.2. Marco teórico

4.2.1 Lean Manufacturing

Según [7] Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) también se ha llamado Manufactura de clase mundial y sistema de producción Toyota, Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios o excesos,

A estos desperdicios o excesos se le denominan Mudas Estas terminologías fueron inicialmente traducidas de japones a ingles y posteriormente de ingles al castellano pero básicamente ese desperdicio o mudas hace referencia a las actividades que se ejecutan en una empresa sin embargo no agregan un valor al producto final, el cual analizando detalladamente no tendría sentido alguno hacerlo si consideramos que se pierden recursos innecesarios para realizar dichas actividades, Lean Manufacturing esta orientado a empresa que buscan tener una mejora continua constante y empresas que buscan la excelencia considerando bajo la premisa que siempre se tiene algo por mejorar por ende siempre se tendrán desperdicios por eliminar o minimizar.

Existen 7 tipos de Mudas (desperdicios):

Tiempo de espera. - Se hace referencia a los tiempos en los cuales no se ejecuta actividades productivas por diversos factores, siendo los mas comunes las espera por falta de carga de trabajo, esperas por falta de herramientas disponibles, espera por ajustes o calibraciones de equipos, espera por indicaciones de los supervisores o superiores al cargo, entre otros conceptos que conlleven a la espera en la etapa productiva. Bajo esta premisa si realizamos un análisis y/o medición de tiempos a lo largo de la jornada muy probable se encuentren indicadores altos los cuales se deben reducir tomando acciones que permitan mejorar lo mencionado.

Productos defectuosos. – Este punto sin duda es uno de los cuales todas las empresas de manufactura orientan a minimizar debido a que los tiempo dedicados a la fabricación de un producto y termina siendo rechazado no es beneficioso para ninguna compañía mas aun cuando en algunos casos la materia prima usada para la elaboración de dicho producto podría ser no re utilizable, a su vez que puede originar insatisfacción al cliente, en pocas palabras este punto en mención siempre se orienta a minimizarlo porque errores

productivos siempre se tendrán mas aun cuando se genera una producción de manera manual.

Transporte de materiales y herramientas. – Se refiere a los elementos trasladados innecesariamente dentro del proceso productivo, sin duda esta muda al cliente final en muchos casos no se ve perjudicado debido a que no le afectan directamente que un traslado de elementos dentro de la empresa pueda perder tiempos, pero analizando el tiempo perdido y recursos por cada producto a trasladar innecesariamente generan una perdida de dinero para la empresa.

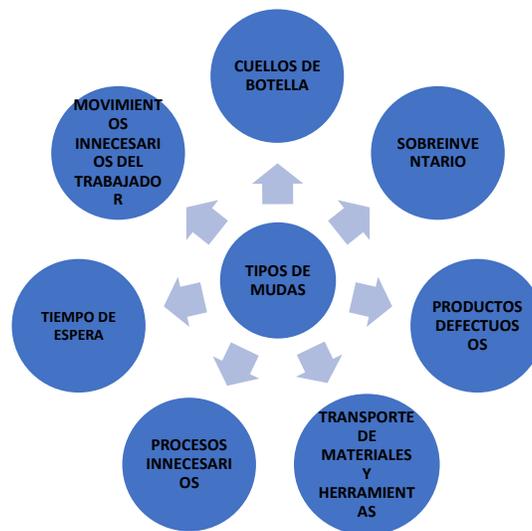
Procesos innecesarios. – Se hace referencia a que normalmente las empresa ya cuentan con procesos previamente estandarizados pero debemos considerar si dentro de los procesos estamos cumpliendo con los requerimientos de nuestro cliente final, en muchas oportunidad por tener estandarizados los procesos no se aprecia el verdadero valor a algunas actividades que se desperdician sin sentido alguna para la elaboración de un producto y mas bien se debe analizar que procesos debemos darle mas valor para poder cumplir los estándares de fabricación requerido o llegar a la simplificación de proceso.

Sobre inventario. – En este punto está orientado a los productos estancos en almacén, frecuentemente sucede que los productos que tienen un valor considerable para las empresas se encuentren almacenados y sin movimiento alguno, ocupando espacios innecesarios, generando cargas de trabajo para almacén interno los cuales se desperdician recursos en oportunidades que se consideran que las demandas de nuestros clientes ya superaron lo previsto.

Cuellos de Botella. – Sucede cuando las etapas productivas tienen un proceso en el cual esta afectando el flujo normal de los demás procesos y disminuye o afecta el proceso de producción dentro de una empresa.

Movimientos Innecesarios del trabajador. – En este punto se refiere al traslado del operador y los tiempos muertos que genera debido a la falta de mejora en los procesos, si el operador que básicamente su función principal es producir elementos se debe trasladar innecesariamente dentro de su proceso consideramos que en ese tiempo deja de producir y por consecuencia disminuye la productividad dentro de los procesos que ejecuta. [7]

Figura 6: 7 Tipos de mudas [7]



4.2.2 Herramientas empleadas dentro de Lean Manufacturing

Según [7] Existen diversas herramientas Lean que se deben elegir las apropiadas y que se adecuen de la mejor manera dependiendo la empresa evaluando sus procesos, dentro de las herramientas más importantes de Lean Manufacturing tenemos:

4.2.2.1 Kanban

Esta terminología japonesa que quiere decir etiqueta de instrucciones, dentro de la función central que tiene esta herramienta de la metodología Lean es poder identificar visualmente el estado de los elementos y saber que secuencias deben seguir, es muy útil considerando que no requiere de un plano de identificación o una instrucción de supervisores para direccionar el estado de los elementos fabricados.

La herramienta Kanban se divide en 2 funciones principales: Mejorar los procesos y controlar la producción

Propósitos del Kanban:

- Facilitar un panorama visual mas amplio dentro de las etapas productivas, que conllevan que el personal operario y externo puedan tener de manera fácil y practica identificado el estado de elementos y procesos siguientes que se debe tener en cuenta.
- Permanecer listos a cualquier eventualidad respecto a la acumulación de productos en una etapa determinada.
- Permite tomar decisiones respecto a lo que se evidencia visualmente de una manera fácil, direcciona movimientos y determina las cantidades requeridas.

- Esta herramienta al inicio se tiene tarjetas o señalización en etapas que se consideran necesarias a medida que los procesos ya están orientados y enfocados en una etapa productiva adecuada se puede minimizar las tarjetas Kanban

4.2.2.2 SMED

Las siglas de SMED (Single minute Exchange of die) las cuales significan cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, las cuales se enfocan de hacer de una manera rápida sin tener tiempos muertos en menos de 10 min (dentro de lo ideal).

Donde esta herramienta Lean se enfoca a minimizar los tiempos muertos dentro de los procesos cuando se termina de fabricar una pieza hasta cuando se inicia a fabricar otra pieza, en este rango de tiempo de cambio se originan una fase no productiva la cual se enfoca analizar detalladamente que alternativas nos permite poder minimizar estos tiempos improductivos.

Utilidades del SMED:

- Analizar y realizar una medición de tiempos previa para evaluar los puntos a corregir.
- Dividir las actividades que se involucran directamente con el proceso, con las indirectas.
- Minimizar las actividades directas del proceso.
- Minimizar las actividades indirectas del proceso.
- Normalizar y mantener los cambios que benefician al cambio de herramientas.

4.2.2.3 Las 5'S

Las 5S es una de las herramientas conocidas mundialmente para la mejora continua, donde se puede evidenciar que con cambios no muy costosos se puede mejorar los procesos los cuales llevan a incrementar su productividad con una herramienta que a la larga los trabajadores la convierten en un hábito.

- **Seiri – Clasificar.** Se define a excluir los elementos que no son necesarios en la etapa de procesos específicos de tal modo dar la importancia y seleccionar los elementos que son primordiales para las actividades donde teniendo en cuenta que una herramienta la usan frecuentemente la deben de tener bien identificada y de fácil acceso para poder usar y evitar demoras en las etapas productivas que puedan originar por no contar con lo necesario dentro de su alcance.

Es decir, si tienen elementos que se usan con una frecuencia baja se deben guardar en algún lugar que puede estar fuera de la etapa productiva particular, si se usa con una frecuencia media se debe guardar en un lugar dentro del área pero no necesariamente al alcance del operario y si se usa con una frecuencia alta se tiene que colocar en un lugar de fácil acceso y a disposición del operador.

- **Seiton – Ordenar** después de clasificar se tiene que ordenar los elementos que previamente se clasificaron, a esta etapa más se relaciona con un orden donde visualmente se puede identificar los elementos para un óptimo trabajo de los operarios, de tal forma que no se vea afectado la etapa productiva por no encontrar herramientas o materiales que el operador tiene a disposición pero no lo ubica por un desorden en el área de trabajo, a su vez esta práctica permite al trabajador realizar sus actividades de manera óptima que influya en el ánimo de los trabajadores.

- **Seiso – Limpieza** En esta etapa debemos identificar el porque esta sucio, que factores los originan esto evidentemente presentaran diferentes causas las cuales se tienen que tratar de minimizarlas al máximo, suciedad dentro de equipos fabricados, grasas, aceites o productos pueden llevar a posibles rechazos dependiendo el proceso que amerite y por otro lado trabajar en un ambiente limpio es saludable para el operador y el personal en su entorno, se consideran buenas prácticas.
- **Seiketsu – Estandarizar** Esta etapa permite tener alineada las 3 fases anteriores las cuales se ajustarán a los estándares de trabajo determinados y estarán direccionados a la mejora de los trabajos y procesos productivos elevado la eficiencia de los operarios, al realizar las actividades cotidianas previamente estandarizadas se efectúan las labores mas orientadas o ciertas actividades que se deben desarrollar considerando que son importantes para las etapas productivas.
- **Shitsuke – Disciplina** Por ultimo la ultima fase es una de las mas complicadas considerando que esto se debe mantener a lo largo del tiempo y dependerá mucho de la idiosincrasia de los operarios, teniendo en cuenta que la disciplina orientarán las 4 fases primeras a cumplirlas con la responsabilidad que amerita y tenerlas como parte de cada trabajador, sin embargo, estas herramientas se consideran flexibles y se pueden ir dando cambios a medida de los resultados que se pueden obtener.

4.2.2.4 Justo a tiempo (Just in time)

Esta herramienta se basa en la fabricación de elementos justo a tiempo, significativamente esta herramienta orienta a responder económicamente a los cambios que conllevan.

Los principales objetivos de la herramienta Just in time son:

- Minimizar los problemas principales, permite analizar de manera pronta las falencias de las etapas productivas.
- Eliminar desperdicios- Minimizar las actividades que no atribuyen valor al producto terminado.
- Buscar la simplicidad.
- Analiza sistemas para encontrar las problemáticas de la empresa.

El desarrollo de proveedores permite el suministro oportuno y confiable de repuestos de la calidad requerida para que se realice un proceso rentable por sí solo sin demoras y en tiempo oportuno.

El uso y la implementación adaptada conducen a una mejor entrega del producto. Estas herramientas permiten utilizar de manera oportuna reducir los costos de producción adicionales por inventario o almacenamiento en la empresa, teniendo en cuenta que los productos o inventarios se contabilizan al costo. El valor para la empresa no genera utilidades almacenadas en la empresa, por el contrario, genera costos El almacenamiento es alto por lo que es importante tener todo en un tiempo razonable para una metodología oportuna. La implementación oportuna debe verse como un proyecto a largo plazo, que debe apuntar a todas las áreas relevantes de la empresa.

4.2.2.5 Jidoka

También conocida como verificación de procesos, es una herramienta que contempla analizar las actividades productivas tanto manuales como automáticas dentro de las cuales el objetivo principal es determinar la causa raíz de los problemas y minimizarlo tiene como un concepto para las actividades críticas hasta corregir las desviaciones, parte de los objetivos principales se encuentran:

- Aseguramiento de calidad
- Uso eficiente de los trabajos manuales o automáticos.
- Prevenir desperfectos en los equipos y/o máquinas.

La herramienta Jidoka permite el monitoreo de los errores.

Esta metodología permite verificar parámetros previamente determinados con los procesos obtenidos, al evidenciar elementos que están por debajo de lo planificado se tendrá un aviso de manera pronta para que esta a su vez pueda ser corregida en tiempo oportuno.

Beneficios de Jidoka

- Se verifican la totalidad de elementos en diferentes etapas de fabricación garantizando así productos de calidad y minimizando los posibles reprocesos que se puedan generar y generen pérdida de dinero para la compañía.
- Se optimizan los tiempos de producción debido a la integración de la inspección.
- Mediante las inspecciones integradas, enfoca al personal de calidad a validar etapas críticas de calidad.
- Incrementa la productividad y alinea los procesos deficientes.

4.2.2.6 Poka Yoke

El significado de este término proviene de la traducción en Japones como prevenir errores, el cual tiene como objetivo de prevenir fallas dentro de la etapa productiva y así evitar el desperdicio por defectos y merma que se pueda originar por lo mencionado, la característica principal de esta herramienta lean es de poder realizar mecanismos que sean de fácil implementación y en la misma etapa de fabricación se puedan ir realizando controles dentro de su etapa productiva, es así que el operador se percatara de algún desperfecto y se pueda corregir en tiempo oportuno.

Utilidades de implementar Poka Yoke

- Verificación constante del producto fabricado con controles dentro de la etapa productiva.
- Delegar responsabilidades de calidad al personal de producción sin interferir en sus actividades principales.
- Minimizar o reducir las probabilidades de los defectos presentados en los productos finales.
- Eliminar operaciones que requieran la memorización e inspección de elementos en la etapa productiva.

4.2.2.7 Mapa del flujo de valor (VSM – Value Stream Map)

Esta herramienta es de gran importancia para identificar mediante mediciones y análisis los procesos productivos que tienen mayor relevancia en la etapa de fabricación, el cual permitirá enfocar los puntos principales que debemos mejorar y a su vez permitirá el análisis en cada etapa donde requieren las herramientas lean que pueden aportar mejoras dentro de la compañía y evitar aplicar las herramientas de manera deliberada el cual no lleven a una mejora que pueda impactar el proceso como tal, además ha sido uno de los pilares para determinar estrategias de mejora con un objetivo y un enfoque muy preciso.

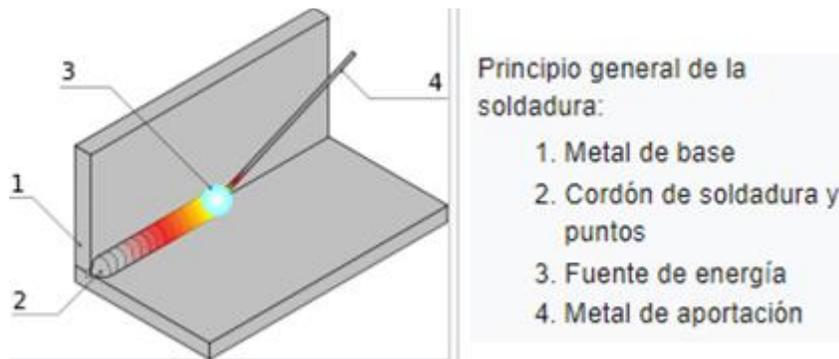
Utilidades de implementar el mapa del flujo de valor

- Detectar cuellos de botella
- Conocer detalladamente el proceso
- Detectar áreas de oportunidad
- Identificar formas de desperdicio en la compañía.
- Determinar un método grafico para entender la cadena de suministros.[7]

4.2.3 Procesos de soldadura

Según la AWS se tiene diversos procesos de soldadura que permite la unión parcial de 2 o más elementos por fusión mediante la aplicación de calor, dentro de los procesos más conocidos se encuentran los procedimientos SMAW, GTAW, FCAW y SAW, para el caso de tuberías spools se tiene identificado el proceso mediante un análisis de ingeniera estructural y estarán identificados en los planos de fabricación que proceso se empleara.

Figura 7: Principios de soldadura



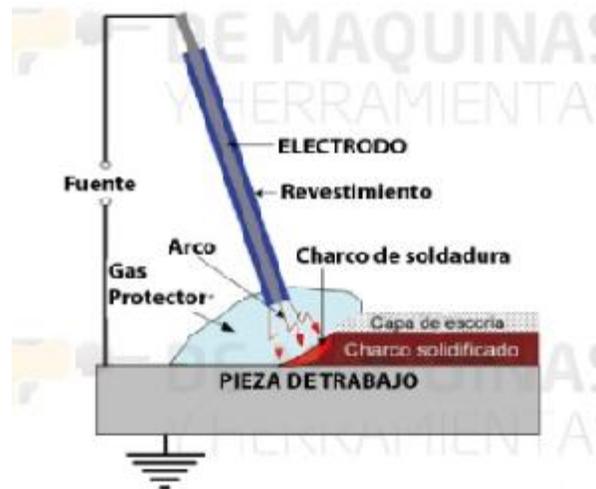
4.2.3.1 Proceso SMAW

SMAW (Shield Metal Arc Welding) soldadura por arco de metal protegido, es el procedimiento el cual tiene como material de aporte un electrodo consumible recubierto de un revestimiento que sirve para aislar la zona fundida y evitar un enfriamiento brusco de la soldadura efectuada en el metal base, particularmente es el proceso más común en la industria de la soldadura.

Características del proceso SMAW:

- Facilidad para cualquier posición de soldeo (posición plana, vertical, sobre cabeza).
- Acabado superficial estéticamente bueno.
- Requiere de pericia y/o habilidad por parte del soldador.
- Facilidad de acceso en áreas complicadas por la longitud y diámetro del electrodo.
- Bajo costo de consumibles y de fácil desplazamiento para mover el equipo.
- Capacidad de espesores recomendados a soldar hasta 200 mm [8]

Figura 8: Proceso SMAW [8]



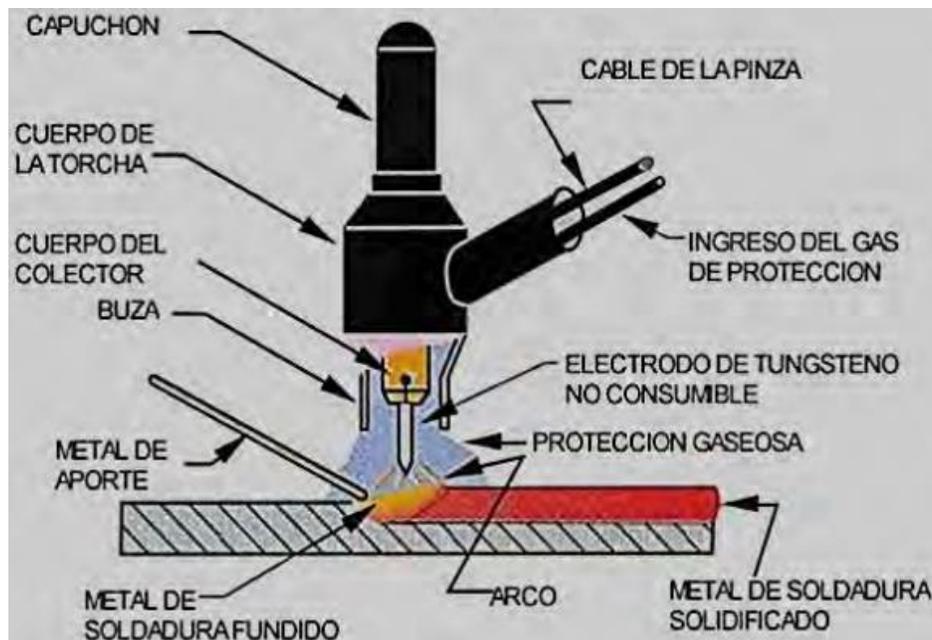
4.2.3.2 Proceso GTAW

La soldadura GTAW (Tungsten Inert Gas Welding) soldadura de gas inerte de tungsteno técnicamente usa un electrodo de tungsteno no consumible usa una protección en la zona de fusión de gas inerte Argón, a este proceso se le conoce también como soldadura TIG.

Características del proceso GTAW:

- Emplea como electrodo una punta afilada 15° el ángulo es ideal para el buen proceso.
- Se puede afilar la punta del electrodo, por eso que este consumible es de larga vida útil.
- La soldadura que se ejecuta al tener como protector principal el gas argón, no requiere limpieza de la escoria que se origina en otros procesos.
- Para espesores menores no requiere material de aporte.
- Se adapta para las distintas posiciones de soldadura.
- Para este proceso la habilidad del soldador es primordial, se considera uno de los procesos más complicados.
- No es recomendable en espesores mayores, por el aporte de calor superior al resto de procesos. [9]

Figura 9: Proceso GTAW [9]



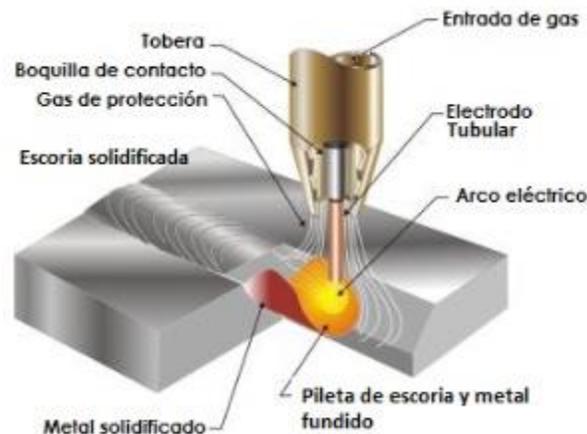
4.2.3.3 Proceso FCAW

FCAW (Flux Cored Arc Welding) soldadura por arco con núcleo fundente, también conocido como soldadura tubular cuando se trata de alta producción de soldadura, es una de las soldaduras más empleadas en el rubro metal mecánico debido a la versatilidad que tiene el proceso para los diversos espesores y posiciones que se pueden presentar en la etapa productiva, a su vez por tener un carrete de soldadura accionada de manera semiautomático no requiere estar cambiando de manera constante los consumibles empleados en dicho proceso.

Características del proceso FCAW:

- Eficiente depósito de soldadura por ser un proceso semiautomático.
- Estéticamente el proceso deja buen acabado superficial.
- Se genera escoria en este proceso para evitar el enfriamiento brusco, es de fácil retiro.
- Versatilidad para soldar diversos metales e intervalos de espesores amplios.
- Arco visible para su fácil aplicación.
- Metal de soldadura depositado de alta calidad. [10]

Figura 10: Proceso FCAW [10]



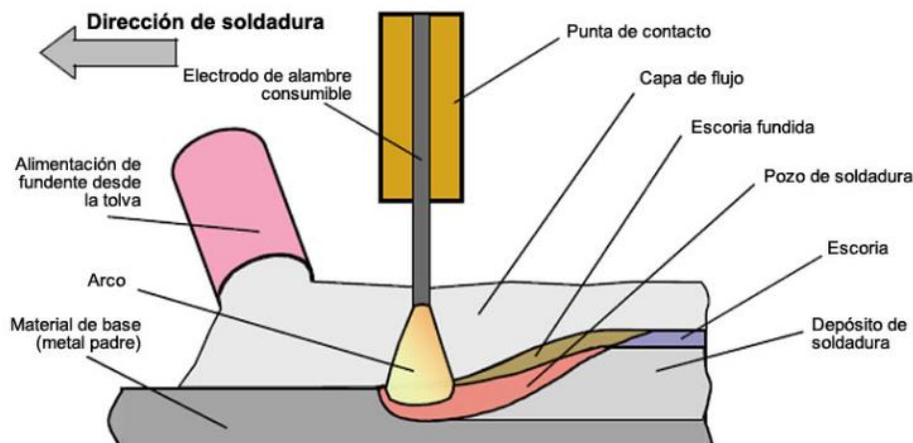
4.2.3.4 Proceso SAW

Proceso SAW, soldadura por arco sumergido es un proceso de altos rendimientos por ser un proceso automático, alta penetración de soldadura y normalmente se emplea en elementos principales que soportan altas cargas donde mas se adecua a soldadura lineales y planas, su material aislante es el fundente de forma granulada que se aplica en la zona de soldadura mediante una tolva y pueden ser reutilizado.

Características del proceso SAW:

- Alta penetración de soldadura.
- Mediante el fundente que se usa evita la exposición de radiación infrarrojo y ultravioleta.
- El fundente evita el enfriamiento brusco y evita que ingresen gases inherentes al proceso.
- El fundente puede ser reutilizado, la cantidad dependerá de los procesos establecidos.
- No requiere careta facial para el proceso de soldeo.
- No requiere protecciones del electrodo adicionales al fundente.
- Requiere menos habilidades del operador y una formación mínima [11]

Figura 11: Proceso SAW [11]



4.2.4 Definición de términos.

Spools

Se le denomina spools a la conformación del kit de bridas, codos, tuberías y demás accesorios que puedan ser considerados en los planos isométricos, cada spools tiene una identificación única que esta detallada en el plano de fabricación con una WO.

Plano isométrico

Son las ilustraciones de esquemas en una vista isométrica, las cuales nos permiten poder fabricar los elementos, dentro de los planos isométricos pueden contar con mas de 1 WO o más de 1 Spool.

Habilitado

En esta área se realiza el habilitado o corte de elementos de la materia prima como planchas, ángulos, tuberías que llegan en los formatos de las acerías importadas, en esta área se realiza el corte con equipos CNC y con corte plasma, perforado por arranque de viruta, entre otros.

Armador/Calderero

Esta área básicamente está conformada por los armadores que interpretan los planos para realizar la conformación de elementos habilitados y los unen mediante el proceso de apuntalado por fusión.

Control de Calidad (QC)

Es el área encargada de dar la conformidad, en diversas etapas productivas para obtener un producto final dentro de los parámetros establecidos, con el fin de obtener la aprobación de los lotes de fabricación por parte de nuestro cliente final.

Soldeo

Es el proceso en el cual realiza la unión de elementos material base y aporte de soldadura mediante la fusión con diversos procesos de soldadura existentes.

AWS

Asociación americana de soldadores es una terminología bastante empleada que parten de las siglas en ingles de la traducción American Welding Society.

Granallado

Este proceso es parte del tratamiento superficial que tiene como fin evitar la corrosión de elementos, se aplica con chorros a presión de granallas (partículas muy pequeñas de acero) que impactan al acero y lo dejan limpio para poder aplicar la pintura en los elementos.

Dossier de Calidad

Es la documentación como los controles, procedimientos, certificaciones entre otros aspectos que acrediten que los productos fueron realizados cumpliendo estándares previamente aprobados, esta documentación se entrega junto a los productos finales a nuestros clientes.

Work Order (WO)

WORK ORDER (Orden de trabajo) es una codificación única que reciben los elementos spools para poder identificarlos.

Pulgadas Diametrales (PD)

Son el equivalente del diámetro multiplicado por un factor relacionado con el Schedule o espesor de tubería.

WO de armado y soldadura

La orden de trabajo que recibe un spool específico el cual tiene datos del tiempo que se tiene estimado dicha operación a realizar.

Oficial

Es un operario ayudante del armador/Calderero que ejecuta actividades de apoyo como esmerilado y limpieza de elementos para facilitar el trabajo de los armadores u otra actividad que se le delegue como apoyo.

Fitting

Accesorios que normalmente llegan importados (codos, bridas, tees, reducciones, concéntricas, reducciones excéntricas, ect)

Ensayos No destructivos (NDT)

Los ensayos no destructivos consisten en ejecutar ensayos en la zona de soldadura para detectar posibles defectos que puedan ser considerados rechazados al producto mediante diversas maneras sin alterar las estructuras físicas, ni químicas del elemento, Algunos ejemplos de NDT son las pruebas visuales (VT), Líquidos Penetrantes (PT), partículas Magnéticas (MT), ultrasonidos (UT) y las pruebas radiográficas (RT).

Rotulado

Se refiere a la codificación del elementos para poder tener una trazabilidad de los materiales y a su vez los operarios puedan identificar de manera más fácil los elementos a utilizar.

Liberación

Es la operación que el departamento de calidad ejecuta para dar la validación del elemento que cumplen los estándares de calidad, dentro de las respuestas básicas dan la conformidad o el rechazo de los elementos según la inspección que se efectuó al elemento.

Acta de Liberación

Es la documentación que debe emitir el inspector de calidad para validarlo de una manera formal que cumplen con todos los estándares establecidos y queda evidenciado en un documento que será anexado al dossier de calidad.

Reportes de producción Soldador – Calderero

Estos reportes validan la información de los soldadores y armadores ejecutadas en un turno de trabajo en el cual se evidencia la producción obtenida y los posibles contratiempos que pueden haber tenido en el jornal de trabajo.

Productividad

La productividad corresponde a un indicador que define cuántos productos o servicios se han llegado a producir por cada uno de los recursos utilizados en su elaboración (mano de obra, tiempo y capital, entre otros).

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCION OBTENIDA}}{\text{CANTIDAD DE FACTOR UTILIZADO}}$$

5. Trabajo realizado

5.1 Análisis Actual.

En la compañía metal mecánica en la actualidad se cuenta con el proyecto Ampliación de Refinería en el norte del Perú, donde se evidencia retrasos en el cronograma el cual posteriormente se verán afectado en penalizaciones que conllevan perdidas a la empresa esto a raíz que no se alcanza la productividad estimada, este cronograma se realizó según la base de datos de la empresa de sus anteriores proyectos. A su vez llegan nuevas licitaciones que no pueden ser atendidas debido a que la capacidad de la empresa se encuentra en su máxima capacidad y con retrasos en su actual proyecto.

En la fabricación de tuberías spools llevan los siguientes procesos:

1. Ingeniería de diseño. - La empresa cuenta con un equipo de profesionales con alta experiencia en diseño de equipos y gestión de proyectos. La elaboración de los planos de Piping – isométricos elaborado de una manera general por nuestro cliente. La empresa realiza los planos detallados y presenta a nuestro cliente, luego de ser aprobados se genera una orden de trabajo interna para cada elemento denominada Work Order (WO)
2. Planificación. - Esta área se encarga de emitir los programas de fabricación según prioridades requeridas por nuestro cliente, normalmente el cliente coordina con esta área para priorizar áreas a fabricar y definen fechas de despacho a obra. Adicional a esto realizan seguimiento y gestionan los materiales para poder completar las listas.
3. Ingeniería Fabril. - se encarga de ingresar al sistema (SGS) las WO con un tiempo de fabricación estimado que serán marcadas en el sistema por cada trabajador, un conjunto de WO se denominan listas de fabricación dentro de los cuales se emiten listas de fabricación para los planes semanales de fabricación.
4. Almacén. - Los materiales y accesorios como: tuberías, planchas estructurales, barras de acero, canales, ángulos, bridas, codos, tees, reducciones, sockolets,

válvulas y a su vez custodia elementos ya habilitados. Llegan a almacén y luego son distribuirlos en las líneas de producción para su fabricación. Estos materiales se ingresan al sistema SGS para que planeamiento pueda emitir listas de fabricación con la disponibilidad de materiales que se tiene en tiempo real, planeamiento entrega el programa de fabricación y almacén prepara la lista de accesorios para entregársela a producción.

En esta etapa se considera que se tiene actividades que generan recursos innecesarios, como es el caso de la materia prima llega a almacén, luego se habilita/Corta y vuelven a almacén para posteriormente ser entregados a las líneas de producción. Movimientos innecesarios teniendo en cuenta que por la distribución de la planta no tienen un flujo ideal.

Figura 12: Almacén de tuberías spools



5. Habilitado. - En primera instancia recibe la programación de planeamiento para el corte y habilitado de los materiales que le entrega almacén, esto se realiza mediante equipos CNC para corte de planchas, perfiles y tuberías. Todos los elementos cortados son codificados/Rotulados con marcador metálico la WO que le pertenece y enviadas hacia almacén debidamente empaquetadas y almacén las custodia hasta el pedido del área de producción.

Figura 13: Maquina CNC de Habilitado por corte Plasma.



En esta área debido a la velocidad que tienen las maquinas CNC normalmente se encuentra mucha producción, sin embargo, falta de orden y limpieza que conllevan a mezclar los elementos entre listas distintas y cuando llegan a las líneas de producción no se pueden completar los elementos debido a que se encuentran elementos que no pertenecen las listas en proceso, a su vez las marcas que se le hace a los elementos con marcador metálico por el acopio de las tuberías es mas complejo identificar los códigos.

Figura 14: Desorden de elementos cortados



6. Línea de producción. – Este es el área principal de los procesos en mención, en esta área se encarga de la fabricación de los spools donde se divide en 2 partes el armado y soldeo donde los operadores de puente grúa distribuyen las tuberías y accesorios mediante un puente grúa instalado en las líneas de producción y se entrega los elementos en cada estación mediante listas de trabajo junto a los planos isométricos de fabricación.

En esta etapa de distribución a la línea de producción por el acopio de las tuberías se tienen deficiencias para poder visualizar los códigos WO que le pertenece a cada elemento considerando que las tuberías son cilíndricas y los códigos pueden estar en la parte inferior dificultando su visibilidad.

- Armado: esta operación la realiza el calderero o armador mediante la entrega de planos y la hoja de corte (HC) donde la HC es el resumen de todas las tuberías y accesorios que le pertenece al armado de un spool, estos accesorios ya vienen rotulados con su respectiva WO. En este procedimiento el calderero arma los spools por completo según plano que se le entrega, donde deja nivelado y escuadrado los elementos para que el soldador se encargue de soldar y controlar las posibles deformaciones que puedan generar el proceso de soldadura por el calor aportado. las WO que se trabajan el operario ingresa al sistema al momento de empezar y lo cierra al momento de finalizar el trabajo de la WO con esto se lleva un control en tiempo real de las WO que se trabajan.

En este proceso la nivelación y escuadrado de elementos son fundamentales para que posteriormente se tenga como resultado aceptable del producto, los operadores usan soportes que deben calzar para obtener el nivel requerido donde les toma mucho tiempo realizar dicha operación.

Figura 15: Proceso de armado



- Soldeo: Este proceso de soldadura se emplea la soldadura tridimensional debido a la geometría de los elementos, donde normalmente se aplican todas las posiciones (posición 6G) que según la AWS (Asociación Americana de Soldadores) es una de las posiciones más compleja para los soldadores, las WO que se trabajan el operario ingresa al sistema al momento de empezar y lo cierra al momento de salir de la WO con esto se lleva un control en tiempo real de las WO que se trabajan.

En este proceso las tuberías son posicionadas a cierta altura para que los soldadores puedan realizar su trabajo de soldeo en todo el contorno de las tuberías, considerando que estas operaciones de soldadura son manuales y deben realizar soldadura en posición sobre cabeza los riesgos ergonómicos son muy frecuentes, que a su vez dificultan y disminuyen la productividad a medida que pasan las primeras horas de iniciado sus labores

Figura 16: Proceso de Soldadura deficiente



7. Pintura. - Esta área se encarga del pintado de las tuberías y soportes de tuberías, las especificaciones de pintura están detalladas en los planos isométricos luego de ser pintadas según especificaciones se entrega al área de despacho, pero no pueden ser despachado si los planos isométricos no están completos.

Figura 17: Pintura de tuberías spools



8. Control de Calidad (QC). - QC está involucrado en todos los procesos productivos, desde almacenaje hasta despacho, con inspecciones por muestreo, en las juntas soldadas si se tiene una inspección al 100% debido a que el alcance del proyecto se definió de esa manera. Se detallan los procesos que se aplican para dar certificación que los spools se inspeccionan con requerimientos específicos:

Figura 18: Inspección de elementos armados



9. Despacho. - Esta área se encarga de acopiar los spools y despachar a obra según cronogramas definidos por planificación, cabe señalar que no se pueden despachar a obra si no están completos los isométricos, en este aspecto en muchas ocasiones se tiene inconvenientes y se satura el área de despacho por las restricciones ya mencionadas.

Figura 19: Área de despacho.



5.1.1 Análisis diagrama causa - efecto

Personal:

- Falta de capacitación. - Falta de capacitación y/o inducciones ineficientes dificultando la adaptación y entender las labores específicas de los operarios (errores en llenado de reportes, reprocesos por usar procedimientos equivocados, etc.)
- Poca motivación. – El operador promedio cuenta con un estado de apatía que conduce a no realizar sus funciones habituales de la mejor manera.
- Paradas muy repetitivas. – esto conlleva las horas muertas generada en los operarios que se ve reflejado posteriormente en la productividad del mismo, se evidencia que se tiene horas muestras excesivas donde se debe mejorar esos tiempos por falta de material, falta de herramientas, entre otros.

Maquinas/Herramientas:

- Inadecuada ubicación. – Tiempo empleado del operario en trasladarse a ubicar una herramienta/maquina causando demoras innecesarias en los procesos productivos.
- Falta de Stock repuestos. – Falta de stock de repuestos frecuentes que optimicen los procesos de reparación-Mantenimiento de equipos principales y de mayor incidencia de falla.
- Ineficiente programa de Mantenimiento. - no solo afecta la producción, sino que también a la seguridad, debido a que el tener que intervenir e interactuar de manera imprevista, hace que este trabajo tenga probabilidades altas de fallar y quedar fuera de estándar, provocando reiterados eventos posteriores.

Método:

- Espera ineficiente entre procesos. – En los cambios de piezas que pasan a los siguientes procesos se cuenta con tiempos de espera muy prolongados.
 - Flujograma inapropiado. – El flujograma se evidencia que se tiene etapas y movimientos innecesarios que pueden ser anulados y el producto final no tendrá ningún cambio sobre su estándar de calidad.
- Posturas No ergonómicas. – Debido a las jornadas de trabajo prolongadas y posturas no ergonómicas debido a las posiciones que deben de optar los operarios

en el contorno de la soldadura genera que la fatiga de las actividades sea considerable y generen paradas por la fatiga generada considerando que los procesos son manuales.

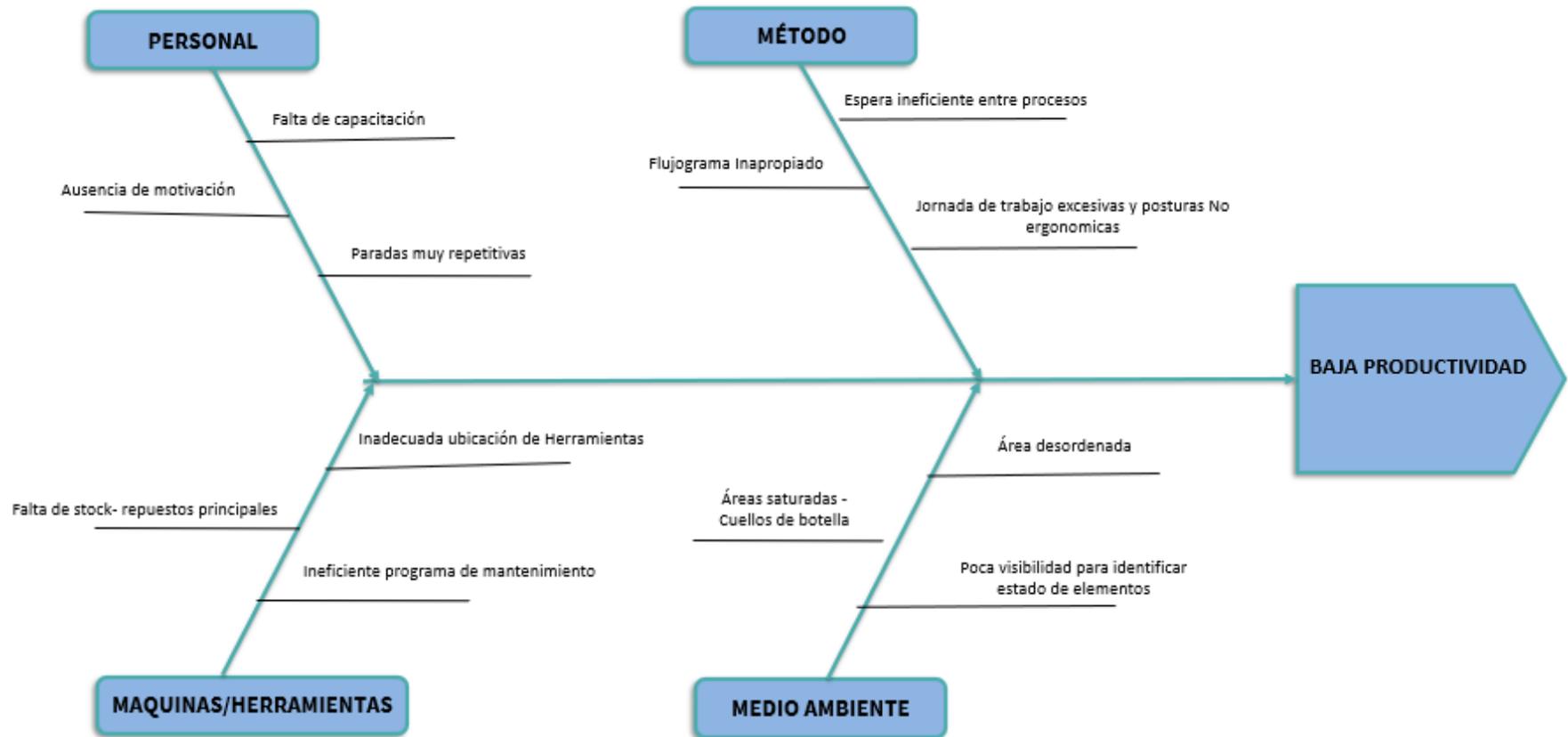
Medio Ambiente:

- Área desordenada. – Se evidencia que se cuenta en las líneas de producción áreas desordenadas que impide poder realizar las actividades de manera mas eficiente por parte de los operarios.
- Cuellos de Botella. – Las áreas con cuellos de botella dificultan las actividades y un flujo ideal para la línea de producción, donde se pone mas recursos para que los cuellos de botella puedan fluir con normalidad.
- Poca Visibilidad. – Se tiene deficiencia para poder identificar de una manera rápida y eficiente los elementos debido a su similitud que conlleva a generar demora en actividades de identificación para distribuirlo a sus siguientes procesos.

Análisis de diagrama causa Efecto. – Con este análisis realizado se concluye que las causas mencionadas conllevan a una baja productividad orientada a mejora de procesos y sistemas de gestión en la compañía donde se debe optar por implementar una metodología que pueda ser la referencia para el personal involucrado en los procesos de fabricación y que permitan incrementar la productividad en la compañía.

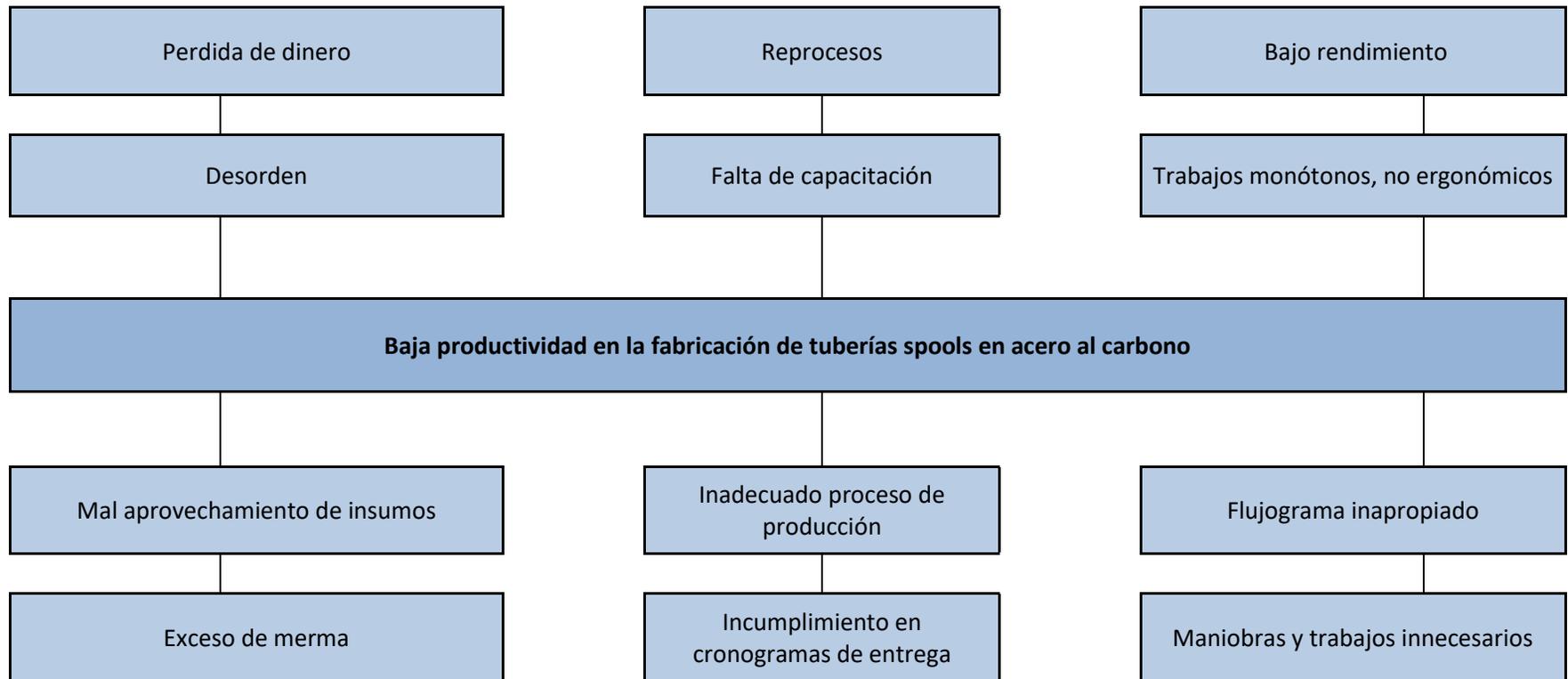
Diagrama causa efecto

Figura 20: Diagrama Causa-Efecto



Método del árbol

Figura 21: Método del árbol



5.2 Alternativas de solución

Se presenta 3 alternativas de solución a la problemática antes expuesta.

Sistema de planeamiento y control de producción

La planificación y control de producción permite disponer lo que ha de producirse para atender las necesidades del mercado y en base a ello, es donde se direcciona los recursos que se tendrá que conseguir para ser viable en el plan. [12]

Metodología Kaizen. –

Esta metodología tiene origen Japones y esta orientada a la mejora continua, es decir actúa para eliminar ineficiencias y así conseguir progresar día a día, es importante la correcta implementación que pueda permitir que las personas no pierdan la motivación por las etapas previamente superadas.

Lean Manufacturing. -

La metodología Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) es un modelo de gestión enfocado en un flujo creado para poder entregar a los clientes de una compañía el máximo valor añadido sobre un producto. Para lograrlo es necesario utilizar la menor cantidad de recursos, utiliza diversas herramientas para eliminar todas las operaciones o desperdicios que no generan o agregan valor al producto, servicio o procesos y a su vez se puede mejorar la productividad aplicando de una manera adecuada las herramientas Lean. [7]

5.2.1 Análisis Comparativo de Metodologías.

- **Información (5%):** Se evaluará toda la información correspondiente que tenemos mediante estas 3 alternativas.
- **Procesos (30%):** Se evalúa la optimización en los procesos los cuales deben estar orientados a tener procesos más eficientes.
- **Costos (25%):** Se evaluará los costos beneficios que nos genera implementar las metodologías.
- **Duración (10%):** Se evaluará tiempo que demora para poner en marcha la implementación y resultados a corto y largo plazo.
- **Impacto (20%):** Se evalúa la influencia que tendrá después de la implementación.
- **Riesgo (10%):** Se evalúa los riesgos latentes que se pueden tener respecto a las implementaciones.

Tabla 1: Análisis comparativo de metodologías

Factor	Importancia	Sistema de planeamiento y control de producción		Metodología Kaizen		Lean Manufacturing	
		Calificación	Ponderado	Calificación	Ponderado	Calificación	Ponderado
Información	5%	2	0.1	1	0.1	2	0.1
Procesos	30%	1	0.3	3	0.9	3	0.9
Costos	25%	2	0.5	1	0.3	2	0.5
Duración	10%	2	0.2	2	0.2	3	0.3
Impacto	20%	2	0.4	2	0.4	3	0.6
Riesgo	10%	1	0.1	1	0.1	1	0.1
Total	100%		1.6		1.9		2.5

Leyenda

Calificación: 3 = alto, 2= Medio, 1 = Bajo

Analizado el cuadro se determina que la metodología más conveniente para la implementación es la herramienta Lean Manufacturing.

Tabla 2: Análisis comparativo detallado de metodologías

	Sistema de planeamiento y control de producción	Metodología Kaizen	Lean Manufacturing
Actividad Principal	Monitoreo y toma de decisiones	Mejora continua	Reducción y Eliminación de desperdicios
Ventajas	Seguimiento de los datos y cambio de prioridades	Calidad Mejorada en el trabajo	Contribuye a la mejora de la productividad
	reducción de costes en la producción	Menos Accidentes Industriales	Mayor satisfacción para el cliente
	mayor seguridad para los empleados	Relaciones Humanas Mejoradas	Analiza y minimiza el índice de rechazos
	Herramientas de analítica en los RRHH	Aumento en la competitividad y compromiso	Reducción de inventarios
	Toma de decisiones en tiempo oportuno	Capacidad de crear hábitos constructivos	Reducción de costos
Desventajas	Dificultades de aplicación	Requiere de un cambio en toda la organización	Resistencia al cambio por parte de los empleados
	Alto costo para las pequeñas y medianas empresas	Mejoramiento continuo a largo plazo	Puede crear brechas entre la dirección y los trabajadores
	La planeación demora las acciones	Hay que hacer inversiones importantes	Posible Escasez en la cadena de producción
	En algunas ocasiones se exageran la planificación	Resistencia al cambio por parte de los empleados	Importantes gastos durante su implementación
Enfoque básico	Definir y resolver problemas	Mejora en todos los sistemas de manera gradual	Mejorar procesos
Objetivo Básico	Cumplir objetivos de proyectos a corto plazo	Conseguir altos estándares	Simplificación de procesos
Impacto Financiero	Reduce Inventarios y mano de obra	Aumenta la cartera de clientes a largo plazo	Reduce los sobre inventarios y gastos operativos

En los análisis detallados y la problemática expuesta previamente se evidencia que la estructura de los procesos de fabricación está definida sin embargo requiere de una mejora que se elimine y reduzcan los procesos que no generan valor en las etapas productivas y enfocarse en los procesos que se requiere mayor atención para poder mejorar los procesos y por consecuencia aumentar la productividad conjuntamente con la calidad.

5.3 Implementación de Lean Manufacturing

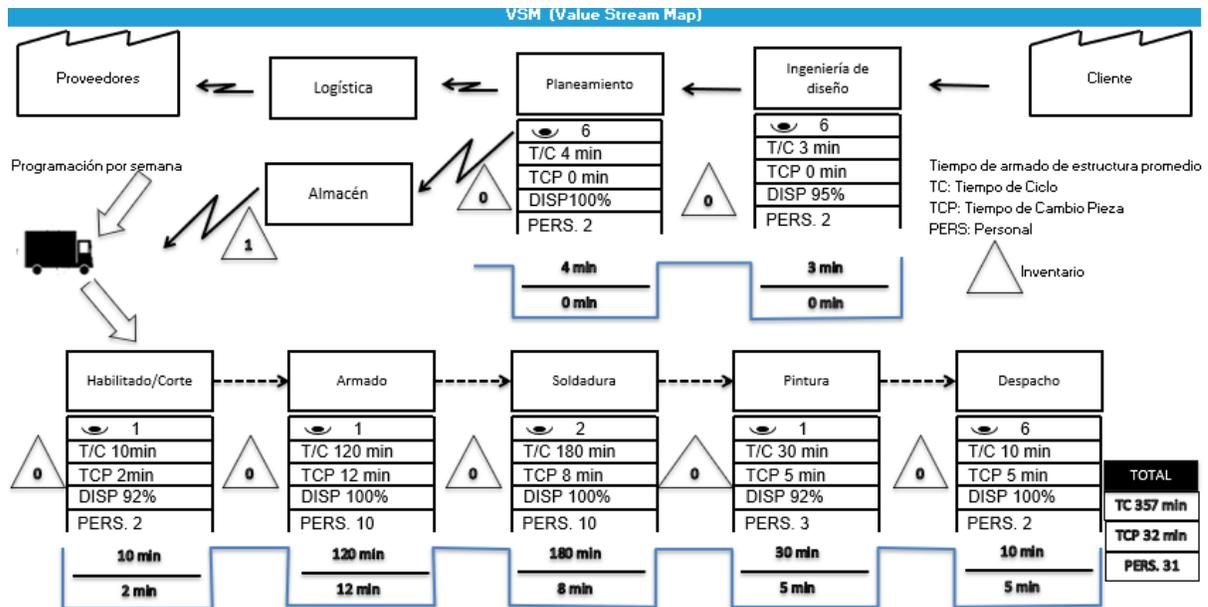
Con lo expuesto en el análisis actual, se evidencia que se debe incrementar la productividad, minimizar los índices de rechazo y formar una cultura de orden y limpieza en la empresa, esto con la ayuda de las Herramientas lean manufacturing en el proceso de fabricación de tuberías Spools en la empresa Metal Mecánica donde se emplearan herramientas puntuales que nos sirvan para solucionar las causas raíces antes mencionadas.

La metodología de fabricación actual se debe orientar a la metodología Lean para obtener resultados satisfactorios.

Implementación de Cadena del Flujo de Valor (VSM)

La cadena del flujo de valor nos permite analizar el proceso que nos genera más tiempo y tener un panorama más claro donde debemos realizar la mejora y optimizaciones, en este caso evidenciando que el proceso de armado y soldadura requiere atención de carácter prioritario debido a tener más tiempo empleado en la etapa de fabricación enfocando los recursos necesarios y mejorando estos procesos repercutirán positivamente la producción.

Figura 22: Diagrama VSM

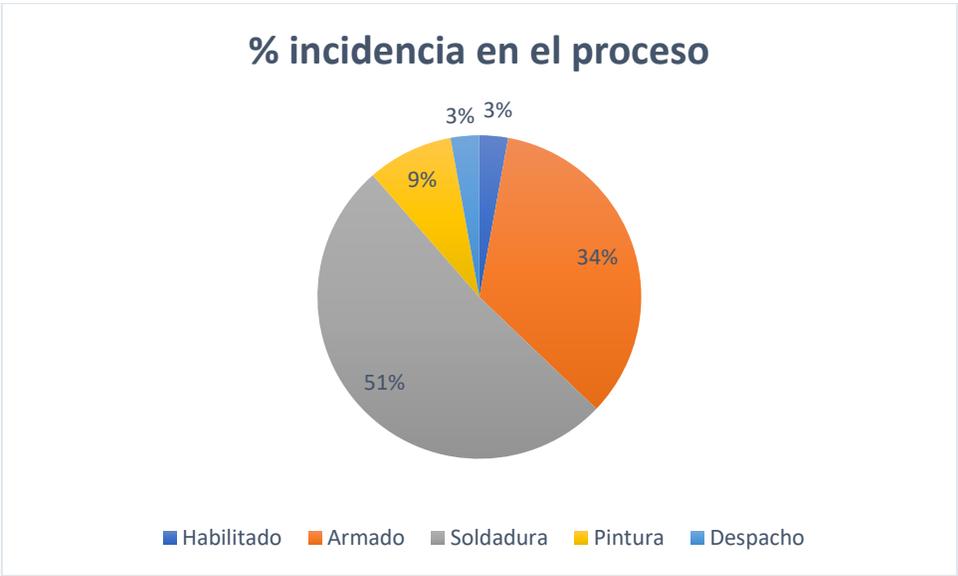


Se analiza el Diagrama VSM y se concluye que el proceso de Soldadura y Armado requiere más tiempo para su ejecución de operaciones a continuación un análisis detallado de las actividades más representativas donde se originan las paradas y a su vez bajo la metodología lean se identifica que no generan valor en las actividades soldadura y Armado.

Tabla 3: Incidencia en el proceso representado en minutos

Ítem	Proceso	Incidencia	Tiempo (min)	% incidencia
1	Habilitado	1	10	3%
2	Armado	1	120	34%
3	Soldadura	1	180	51%
4	Pintura	1	30	9%
5	Despacho	1	10	3%
			350	100%

Figura 23: Incidencia en el proceso representado en minutos



Las Herramientas Lean que se implementaran para eliminar las actividades que no generan valor al producto final en las etapas productivas principales se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4: Motivos de parada

Ítem	Incidencias de actividades del soldador y Armador en 1 Turno	Incidencia	Tiempos Muertos(min)	%	Herramienta Lean
1	Tiempos de espera de carga y descarga de trabajo.	2	16	11%	SMED
2	Parada por fatiga en posición de soldeo no ergonómicas	7	63	43%	Mapa de Valor
3	Materiales Herramientas no encontradas en su lugar	4	20	14%	5S
4	Tiempos de espera para rotar las piezas de trabajo	3	24	16%	SMED
5	Reprocesos debido a que los elementos no están nivelados	1	15	10%	Poka Yoke
6	Tiempos de espera para identificar los códigos de elementos	3	9	6%	Kanban
		20	147	100%	

Una de las actividades que más se generan tiempos muertos son las paradas por fatiga en posición de soldeo no ergonómicas, debido que las operaciones son de manera manual y requiere tener una pericia constante considerando que al soldar las tuberías el soldador debe posicionarse en todo el contorno de la tubería, para mejorar este punto crítico se implementaran rotadores los cuales permitirán que las tuberías giren y los soldadores puedan ejecutar una soldadura en posición plana, es decir sin necesidad que se desplacen por el contorno de la tubería, a esta operación se le considera Soldadura Rotada.

Figura 24: Soldadura Rotada



Soldadura Rotada: Le facilita el trabajo al soldador y aumenta su productividad en un 25 % con este proceso de soldadura, se realizo toma de tiempos con el nuevo procedimiento tanto para Caldereros/Armadores y soldadores.

Tabla 5: Toma de tiempos proceso mejorado

TOMA DE TIEMPOS							
Secuencia	Descripción	N° de Juntas	tiempo por junta Estimada (Hrs)	tiempo total real sin implementación (Hrs)	tiempo total real con implementación (Hrs)	Exceso/Ahorro (Hrs)	Ahorro (%)
ARMADOR	Ø 4" SCH-40	4	1.07	4.28	3.25	1.03	24%
SOLDADOR	Ø 4" SCH-40	4	1.32	5.28	3.90	1.38	26%
ARMADOR	Ø 6" SCH-40	6	1.27	7.62	5.95	1.67	22%
SOLDADOR	Ø 6" SCH-40	6	1.49	8.94	6.40	2.54	28%
ARMADOR	Ø 8" SCH-40	2	1.51	3.02	2.35	0.67	22%
SOLDADOR	Ø 8" SCH-40	2	1.64	3.28	2.46	0.82	25%
ARMADOR	Ø 10" SCH-40	3	1.81	5.43	4.12	1.31	24%
SOLDADOR	Ø 10" SCH-40	3	1.99	5.97	4.22	1.75	29%

Promedio	25%
-----------------	------------

Las actividades que no generan valor se encuentra las operaciones de espera de material por la carga y descarga, se implementa la herramienta Lean SMED la cual su función principal de esta herramienta Lean es minimizar los tiempos muertos por cambio de material, la implementación de los rotadores las tuberías son fijadas en el plato universal con un Chuck que llevan mordazas las cuales se deben cerrar de manera manual para fijar las tuberías, en este caso aprovechando las líneas de distribución que tienen aire comprimido se colocan llaves neumáticas de impacto para agilizar las operaciones manuales de cerrar los platos universales realizando la operación más rápida, usando la metodología SMED (cambio de herramientas en un solo dígito de minuto).

Se implementan caballetes los cuales permitirán que los operarios tengan 2 elementos (1ro en proceso y el 2do en etapa de espera de ser procesado) en paralelo para que puedan ejecutar sus actividades de manera continua y sin interrupción por falta de carga de trabajo por más mínimo que sean los cambios de herramientas, el plan de contingencia debido a la limitante que tienen los puente grúa para poder mover en algunas ocasiones los elementos cuando los operarios terminan al mismo tiempo algún elemento.

Una problemática se encuentra en los reprocesos por no contar con los spools correctamente nivelados por los armadores debido a que para nivelar se tenía que usar calzas y de una manera no muy sofisticada realizaban estas operaciones con la implementación de los caballetes con un usillo tipo tornillo regulable permite de manera más rápida y sencilla poder realizar dicha operación.

Figura 25: Nivelación de spools mediante caballetes regulables



Tiempos de espera para identificar los códigos de elementos

Con las tuberías dentro de la línea de producción los operarios seleccionan las tuberías del código que le corresponde según su plano isométrico, si la tubería es de dimensiones mayores que dificulten moverlo manualmente el operario solicita el puente grúa poder mover la tubería para visualizar el código que le corresponde generando así tiempos muertos y realizan operaciones que no generan valor a la etapa productiva.

La herramienta Lean que se adecua a esta problemática es el Kanban donde por medio de

tarjetas y/o señalizaciones nos permite identificar los elementos de una manera visual más armónica y simple para el personal que ejecuta los trabajos.

Los accesorios como bridas, codos, tees, etc. ya vienen codificados de almacén lo mismo que las tuberías, pero por ser elementos redondos las codificaciones pueden estar en la parte inferior dificultando la visibilidad del mismo, se rotula el interior de la tubería para que de una manera más sencilla y sin necesidad de hacer alguna maniobra con el puente grúa para levantar la tubería, se puede evidenciar la codificación en un extremo de la tubería.

Implementación de la herramienta Lean Kanban.

En esta etapa es importante tener identificado los elementos de tal manera que se pueda identificarlo de una manera rápida y sencilla, se considera que para mover los elementos se cuenta con un puente grúa en toda la longitud de la línea de producción, y como actividades principales es de ingreso material a la línea de producción, abastecer a los armadores, soldadores y retirar los elementos de la línea de producción, es decir que cada movimiento que se realiza debe ser utilizado para que pase a un siguiente proceso optimizándolo de la mejor manera.

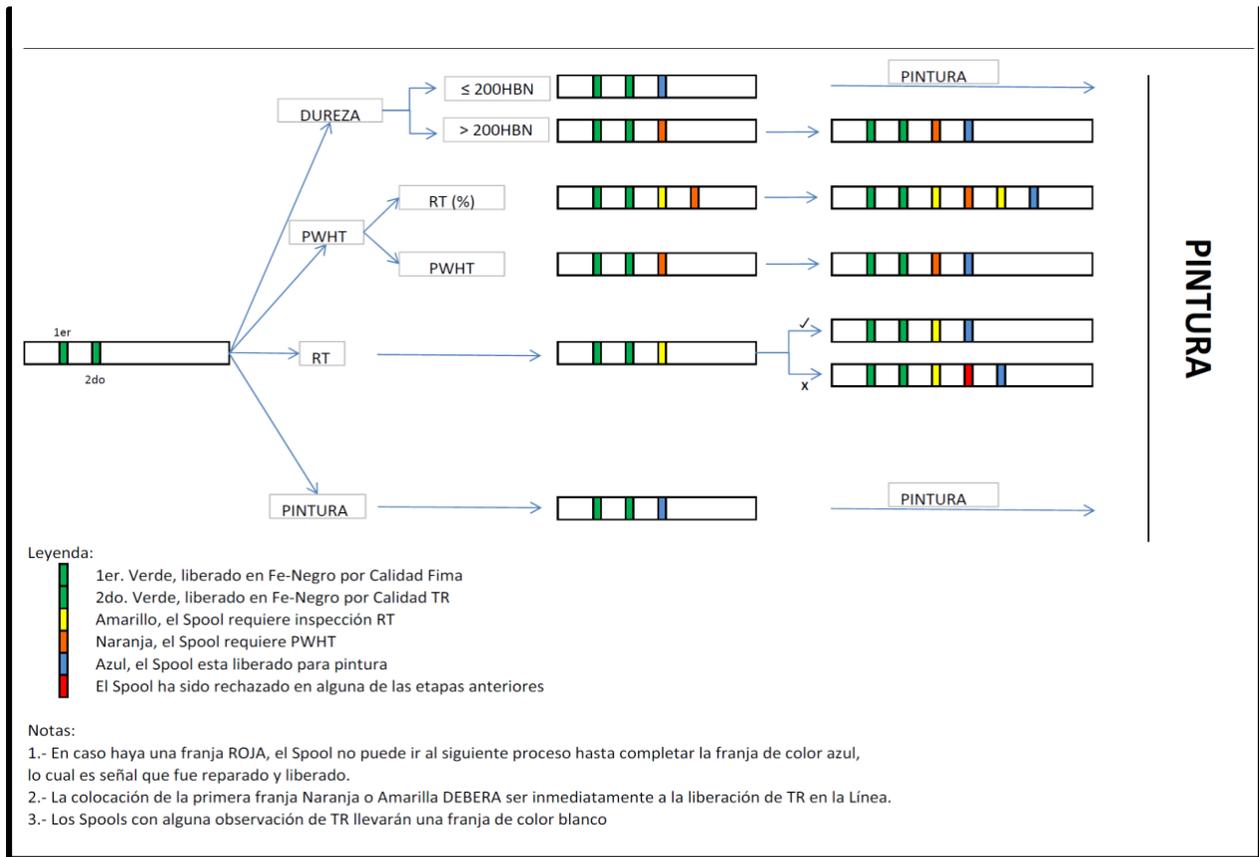
Figura 26: Puente grúa de la línea de producción



El correcto control mediante tarjetas o elementos visuales son fundamentales para el área de los operadores del puente grúa considerando que ellos podrán direccionar o posicionar

los elementos en el lugar adecuado que les corresponde sin necesidad de preguntar al supervisor u operarios y a su vez tiene un panorama amplio si esta con carga de trabajo moderada o saturada para solicitar apoyo si se requiere, el fin de esto es que las líneas productivas no queden paralizadas por falta de maniobra de los elementos.

Figura 27: Código de colores aplicando Kanban



Una de las falencias de la etapa productivas se debe a la falta de elementos en respectivas estaciones del operario por falta de maniobra con el puente grúa.

En este punto se requiere aplicar la herramienta de Lean Manufacturing KANBAN La cual permite de una manera controla la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos con tarjetas de códigos. Se identifica los elementos de color verde cuando el producto se encuentra terminado y listo para el siguiente proceso, el color amarillo cuando esta pendiente de terminar el elemento por falta de accesorios, planos, herramientas, procedimientos o cualquier

inconveniente que se puede solucionar de una manera rápida y por último de color rojo cuando el producto esta rechazado como el caso de tuberías en medida errónea, accesorios equivocados, elementos golpeados que no se pueden usar, etc.

Figura 28: Tarjetas Kanban



Nos permite descongestionar la Línea de producción llevando un orden y teniendo mapeado de una manera visual muy práctica, permitiendo a su vez detectar en tiempo real los elementos que puedan estar con posibles problemas como la etiqueta color rojo de esta manera supervisión deberá solucionar de manera prioritaria dichos elementos considerando que si un plano isométrico cuenta con 4 piezas no podrá salir de la línea de producción si 1 elemento no está completo

Tabla 6: Cantidad de spools en Línea

Antes de la implementación				Después de la implementación			
Línea	WO	Sufijo	N° de Spools en línea	Línea	WO	Sufijo	N° de Spools en línea
1	132091	001 @ 020	20	1	132110	001 @ 012	12
1	132095	001 @ 012	12	1	132111	001 @ 014	14
1	132100	001 @ 015	15				
1	132101	001 @ 018	18				
1	132104	001 @ 025	25				
			90				26

Una de las herramientas Lean base que se debe tener son las 5S las cuales con actividades relativamente fáciles que dependerán de las características personales de los operadores se podrán realizar con éxito o en su defecto podrá tardar mas de lo previsto, en esta etapa dependerá mucho de la idiosincrasia de los operadores los cuales son disciplinados, ordenados y poseen ciertas características que se adecuan perfectamente a esta metodología cosa contraria con los operarios totalmente opuestos a lo mencionado, a su vez la resistencia al cambio de los operadores al tener presente del como se trabajaba anteriormente y de como se pretende trabajar al inicio se tiene que romper la inercia de ese cambio para posteriormente se manifieste como una costumbre dentro de la compañía.

Una de las maneras practicas y motivacionales para los operadores es realizar premiaciones y/o reconocimiento a las áreas que están mas orientadas al cambio con la metodología 5S.

Esta herramienta sin duda permite trabajar a los operadores de una manera mas eficiente, las cuales ayudara a evitar accidentes y podrán trabajar de una manera mas armoniosa y beneficiosa para todos.

Figura 29: Implementación 5S



ANTES



DESPUÉS

5.3.1 Equipos y máquinas para la implementación

Caballetes para el proceso de armado y soldadura rotada.

Figura 30: Implementación de caballetes ajustables

Implementacion de caballetes ajustables			
CABALLETES	CANTIDAD	COSTO UNI.	COSTO TOTAL
 PRO ROLL (tipo H)	20	\$110.00	\$2,200.00
 MAX JAX (C/Rueda)	16	\$150.00	\$2,400.00
 PRO JACK/HD JACK (Tipo V)	40	\$80.00	\$3,200.00
 FIMA (Tipo PRO Jack C/Rueda)	30	\$85.00	\$2,550.00
			\$10,350.00

5.3.2 Equipos para el proceso de soldadura rotada

Plato rotador

Para mejorar la productividad se empleará platos rotadores (4 unidades).

Tabla 7: presupuesto plato rotador

Carga Nominal (kg)	Velocidad de rotación(rpm)	Ángulo de volcamiento (°)	Tamaño de la mesa de trabajo(mm)	Precio	Cantidad	Costo Total
300	0.2-2	0-90°	600	\$10,800.00	4	\$43,200.00

Figura 31: Plato Rotador



Rodillos Giratorios

Para mejorar la productividad se empleará 2 juegos de rodillos giratorios

Tabla 8: presupuesto rodillo giratorio

Tipo	Carga Nominal (kg)	velocidad lineal de rodillos (mm/min)	poder (kW)	diámetro de rotación (mm)	diámetro y anchura de la rueda		Precio	Cantidad	Costo Total
					rodillos de goma (mm)	rodillos metálicos			
KT-10t	10000	100-1000	0.37	200-3200	y phi; 300x110	y phi; 290x20x2	\$16,800.00	2	\$33,600.00

Figura 32: Rodillos giratorios



5.3.3 Recursos humanos para la implementación

Para la implementación de Lean manufacturing requiere de capacitación del personal.

Figura 33: Capacitación del personal



Tabla 9: Análisis costo de Hora Hombre para capacitar al personal

Personal a capacitar	N° de personas a capacitar	Costo Hora Hombre	Costo Total Personal a capacitar por Hora Hombre	A
				Costo Total Personal a capacitar por Hora Hombre (20 Horas de cada curso)
Operarios	40	S/. 55.00	S/. 2,200.00	S/. 44,000.00
asistentes de producción	2	S/. 40.00	S/. 80.00	S/. 1,600.00
Jefes de producción	4	S/. 75.00	S/. 300.00	S/. 6,000.00
				S/. 51,600.00

Tabla 10: Análisis costo de la capacitación de Lean Manufacturing

	B	A	A+B	
Capacitación Lean Manufacturing	Costo de capacitación (20 horas cada curso)	Costo Total Personal a capacitar por Hora Hombre (20 Horas de cada curso)	Costo Total (S/.)	Costo Total (\$)
SMED	S/. 2,400.00	S/. 51,600.00	S/. 54,000.00	\$14,594.59
Kanban	S/. 2,400.00	S/. 51,600.00	S/. 54,000.00	\$14,594.59
5S	S/. 2,400.00	S/. 51,600.00	S/. 54,000.00	\$14,594.59
Poka Yoke	S/. 2,400.00	S/. 51,600.00	S/. 54,000.00	\$14,594.59
			S/. 216,000.00	\$58,378.38

Tipo de cambio S/. 3.70

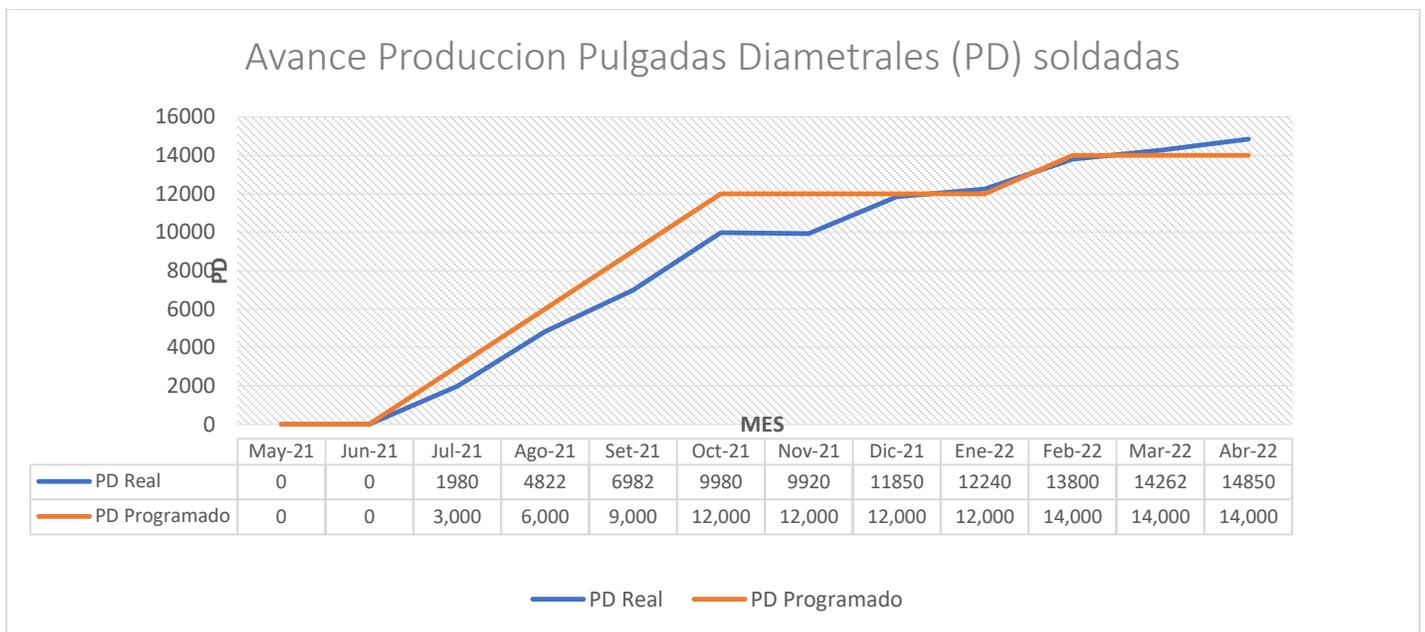
Tabla 11: Costo Total de implementación

Descripción	Costo Total
Implementación de caballetes ajustables	\$10,350.00
Plato rotador	\$43,200.00
Rodillos giratorios	\$33,600.00
Capacitación	\$58,378.38
Otros (5%)	\$7,276.42
Costo total de la implementación	\$152,804.80

6. Resultados

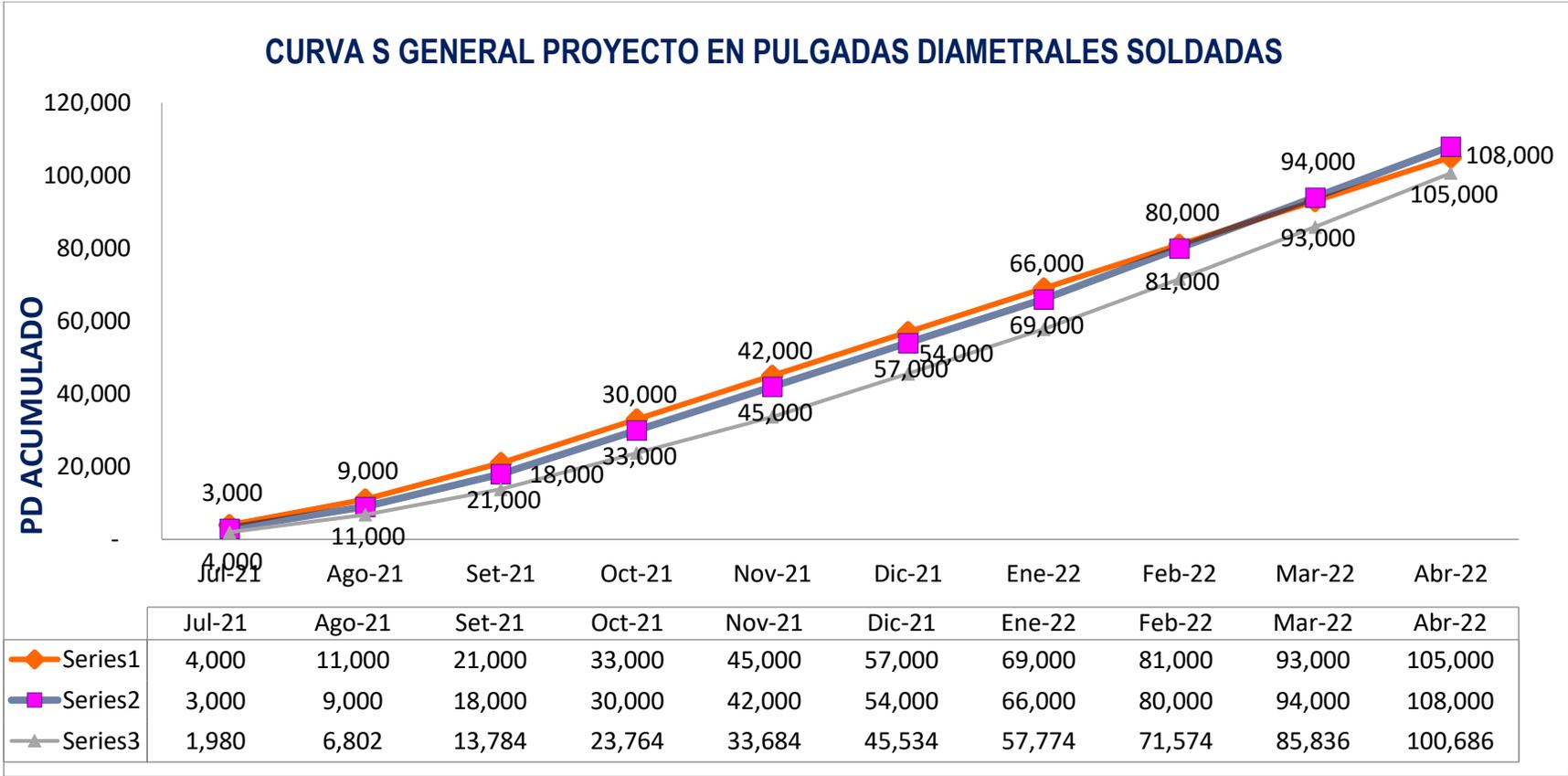
Con la implementación de Lean manufacturing se obtienen resultados satisfactorios incrementando la productividad en un 25% que se evidencia con los reportes mensuales emitidos, el mes de diciembre 2021 se logra implementar los equipos y capacitación del personal obteniendo la productividad estimada y en la actualidad superamos las ratios previstos, sin duda esta implementación de la metodología Lean es una herramienta que a lo largo del tiempo se debe seguir con las capacitaciones y actualizaciones constantes.

Figura 34: Avance producción con la implementación de Lean Manufacturing



En la figura mostrada podemos evidenciar las PD (Pulgadas Diametrales) programadas en base de los cronogramas y estimaciones previamente contempladas respecto a la base de datos que se tiene en la empresa comparado con las PD (Pulgadas Diametrales) reales producidas, donde claramente se aprecia que al inicio del proyecto se tenía deficiencias productivas por eso las PD en los primeros meses se encuentra por debajo a lo proyectado, con la implementación de Lean Manufacturing se realizó el incremento de la productividad

Figura 35: Curva S general del proyecto

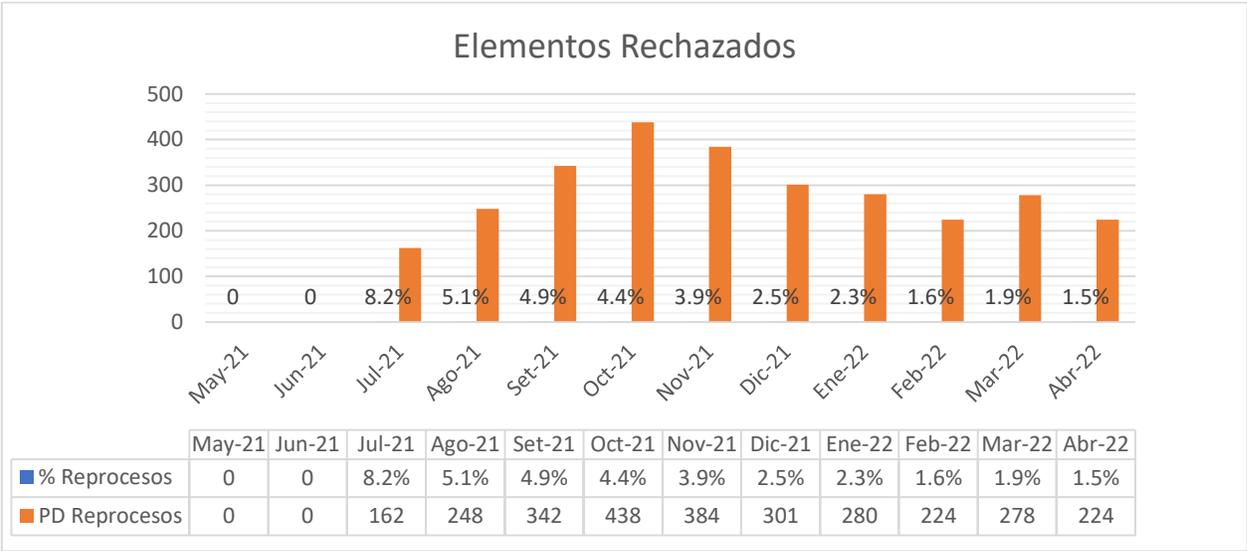


Donde:

- Serie 1.- Avance Acumulado programado Inicial. – Según planificación debido a las estimaciones de la data de proyectos similares.
- Serie 2.- Avance Acumulado Re- programado. – Se re programa debido a que las ratios iniciales se evidencian que no se va cumplir.
- Serie 3.- Avance Acumulado Real. – inicialmente por debajo de lo planificado, con la implementación se evidencia que la línea serie 3 tiene tendencia a poder superar lo planificado, obteniendo así resultados positivos para la compañía.

Con la implementación de Lean manufacturing se minimizo los índices de rechazo, si bien es cierto que el concepto de cero defectos no existe es claro que se puede minimizar los elementos rechazados y para este caso podemos evidenciar que a pesar de producir más elementos el índice de rechazo disminuyo, esto sin lugar a duda es optimo para cualquier empresa minimizar los defectos que nos generan tiempos de fabricación nuestros, perdida de material, merma, retrasos en la entrega de productos, insatisfacción del cliente y mas inconvenientes perjudiciales para la empresa.

Figura 36: Índice de elementos rechazados con la implementación de Lean



Teniendo como referencia la implementación en el mes de diciembre 2021, se evidencia que en los primeros meses el % de reprocesos es mayor, a pesar que la cantidad producida era menor quiere decir que en este caso el % de reprocesos o la incidencia que toman ellos es el indicador que debemos de tener en cuenta a minimizarlo, tomando como referencia el mes de abril 2022 a continuación realizaremos el calculo del % reproceso.

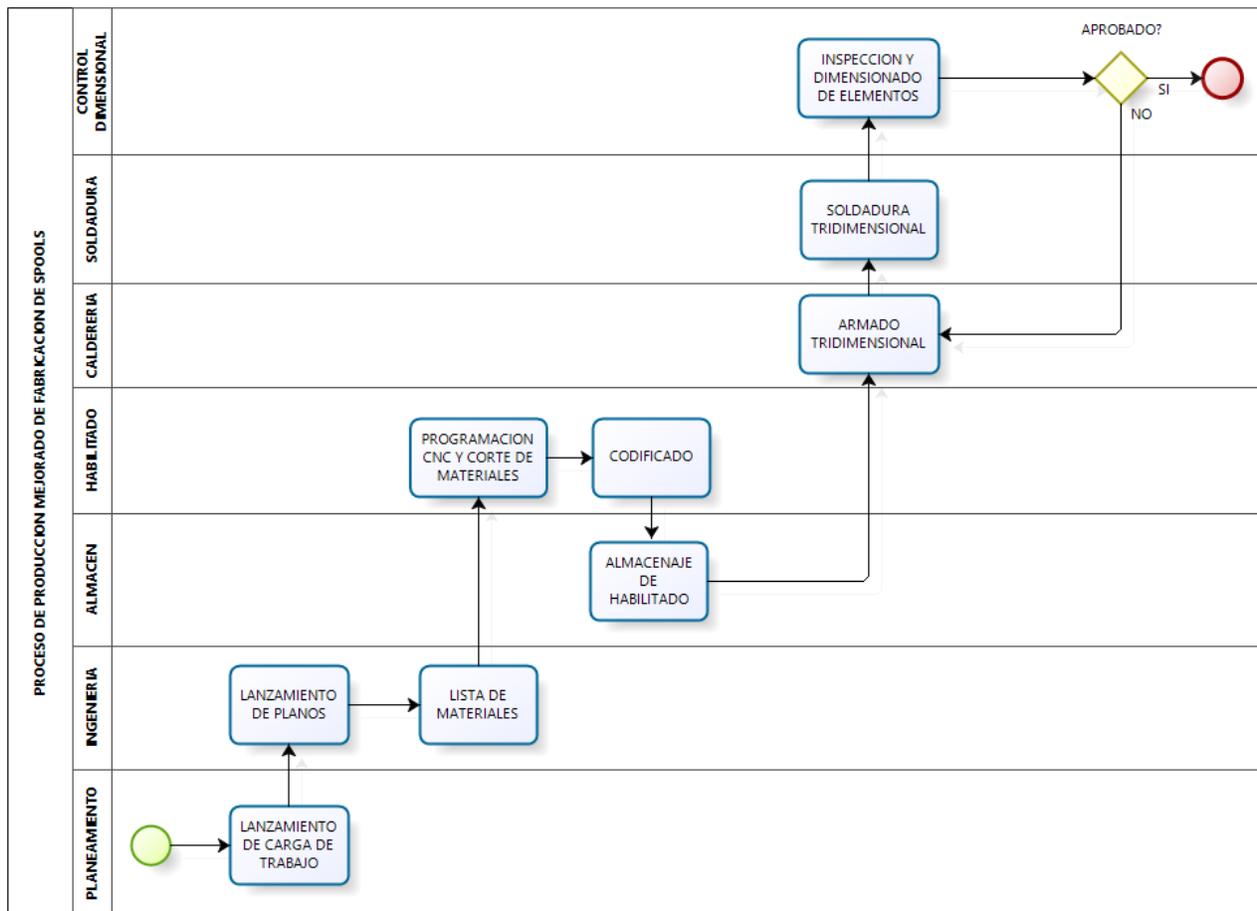
$$\% \text{ Reprocesos} = \frac{\text{Cantidad PD reprocesadas}}{\text{Cantidad PD total procesadas}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Reprocesos Abril} = \frac{224}{14850} \times 100\% = 1.5\%$$

6.1 Flujograma inicial

En el diagrama inicial se tiene el proceso de almacenaje en después de haber cortado los elementos básicamente vuelven a almacén para ser custodiados hasta el requerimiento productivo donde esta actividad es innecesaria considerando que se usan recursos de manera innecesaria, para esto con la herramienta Mapeo de valor podemos saber cuánto debemos producir y los puntos críticos para no realizar actividades innecesarias dentro de un proceso productivo considerando que para poder gestionar el retiro de los materiales conlleva a tiempos muertos innecesarios recursos (Humano) y equipos (Montacargas, puente grúas) que no generan valor alguno al producto final. Inicialmente se tienen los procesos de armado y soldadura tridimensional donde ya se evidencio que es un proceso complejo para los operarios.

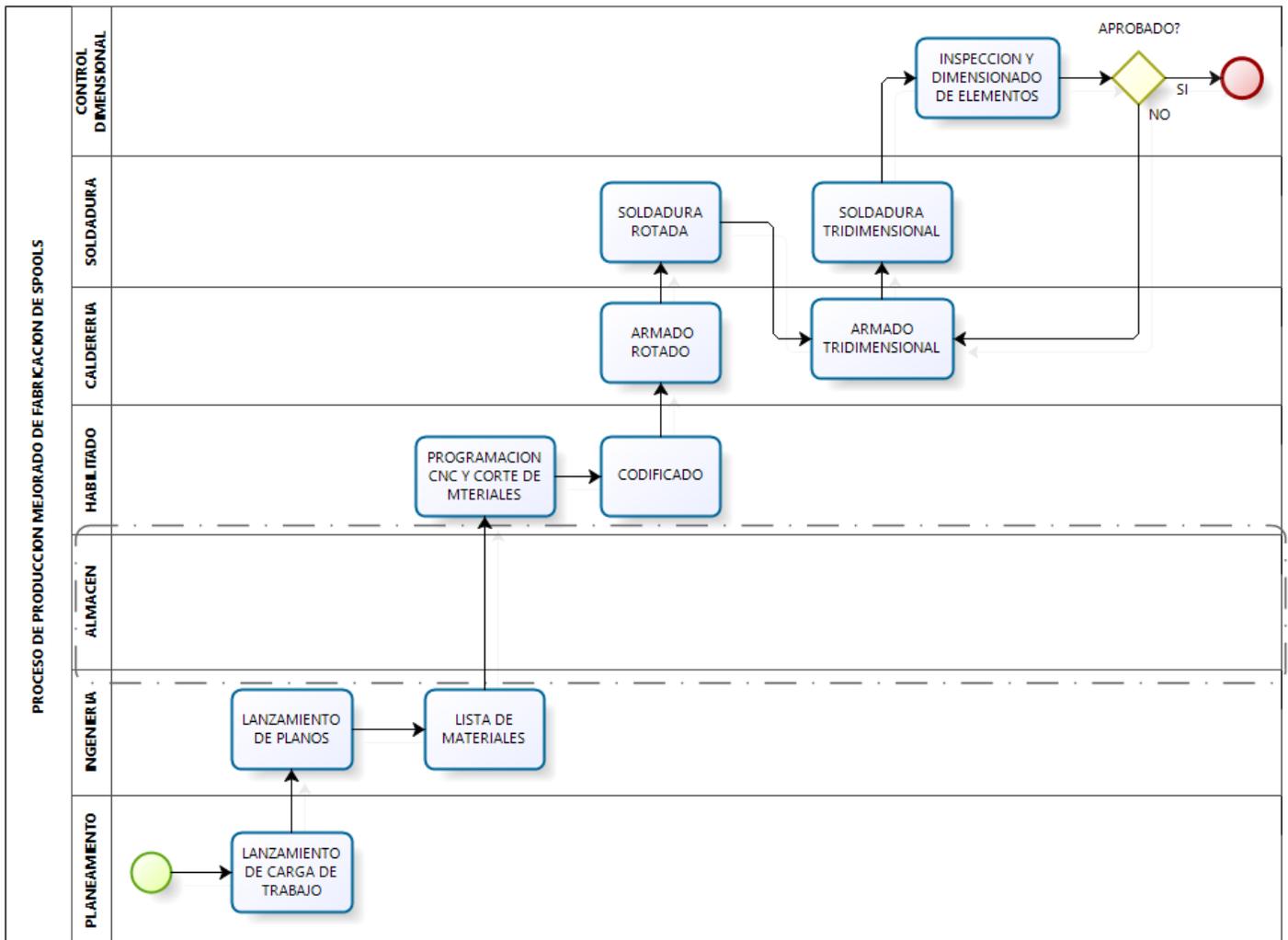
Figura 37: Flujograma inicial.



6.2 Flujograma mejorado

En el flujograma con la implementación eliminamos el almacenaje del habilitado el cual se ingresa directamente en las líneas de producción a una zona donde podemos tener una carga de trabajo para 2 turnos como contingencia a cualquier eventualidad, el área de armadores y soldadura se implementa los procesos de rotado con los equipos y metodologías propuestas se eleva la productividad y el proceso tridimensional que es más complejo disminuye considerablemente, es decir en esta etapa se adicionan procesos nuevos pero que a su vez permiten realizarlos de una manera más eficiente.

Figura 40: Flujograma Mejorado.



7. Conclusiones

- Debido a la implementación de Lean Manufacturing se ha mejorado los procesos en la fabricación de tuberías spools de acero al carbono en la empresa metal mecánica.
- Incremento en la productividad de 25% debido a la evaluación del VSM y aplicación de SMED mediante la implementación de dispositivos que permiten poder realizar los procesos de una manera mas eficaz.
- Se minimizo en 3.3% los indicadores de rechazo de pulgadas diametrales soldados, esto permite poder enfocar más recursos en etapas productivas y a su vez satisfacer al cliente con una mejora de los elementos fabricados.
- Al modificar el flujograma se optimizan los procesos y elimino los procesos de almacenaje innecesarios y los procesos que no generan valor al producto final.
- Concluimos que las capacitaciones del personal, tiene como consecuencia la mejora dentro de los procesos productivos.

7.1 Recomendaciones

- Para la implementación de la herramienta de Lean Manufacturing de debe tener presente que el personal involucrado estará desde los altos mandos directivos hasta el personal productivo considerando que esta es una gestión integral.
- En previa etapa de implementación de debe considerar que las decisiones no pueden ser tomadas deliberadamente, se tiene que analizar si las propuestas permitirán que se obtenga los resultados que se requieren y ser consultados previamente por un juicio de expertos.
- Esta implementación se inicia con planes piloto y se realiza controles constantes para evidenciar el estado de las mismas.
- La capacitación del personal debe ser de una manera constantes tanto al personal que inicia la implementación con el personal que se incorporan posteriormente.
- Se recomienda dar reconocimiento a los trabajadores o grupos de trabajo a medida que se van cumpliendo los objetivos.

8. Bibliografía

[1] J. Pérez Cordovez y A. Acosta Iglesias, «La habilidad soldar en posición sobre cabeza: sistema de acciones para su desarrollo,» Pinar del Rio,2020

[2] J.L. Cabrera, O.A. Corpus, F. Maradiegue y J.C. Álvarez, «Mejorar la calidad mediante la implementación de Lean Manufacturing, SPC y HACCP en la industria,» Lima,2020

[3] A. Pulido Rojas, A. Ruíz Lazaro y L. Ortiz Ospino, «Mejora de procesos de producción a través de la gestión de riesgos y herramientas estadísticas,» Arica,2020

[4] H. Cavalcante, F. Neto, C. Mota y D. García, «Optimización de los parámetros operativos del proceso de soldadura FCAW para la aplicación de recubrimiento duro ,» Belém,2020

[5] A. Silva, H. Araujo, V. Macena, J. Moreno, A. Vicente, T. Hermenegildo y T. Santos, «Aplicación de la Metodología para la Calificación de Procedimientos de Soldadura de Tuberías Industriales según parámetros de los Códigos ASME B31.3 y ASME SECCIÓN IX,» São Paulo,2019

[6] M. Ríos, «Propuesta de mejor en la productividad de mano de obra y equipos del proceso ejecución de obra del área de operaciones en empresa especializada en construcciones civiles de instalación del servicio de agua en sistemas de irrigación,» Lima,2018

[7] L. V. Socconini Pérez, Lean Manufacturing paso a paso, Barcelona: Marge Books, 2019.

[8] De máquinas y Herramientas, soldadura procedimiento SMAW disponibles en: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>.

[9] Cursos de soldadura en proceso de soldadura GTAW (TIG) disponible en:

<https://www.herrerosargentinos.com.ar/archivos/curso-tig-gtaw-ha.pdf>.

[10] Soldadura y Estructuras, proceso de soldadura FCAW (soldadura Tubular) disponible en: <http://soldadurayestructuras.com/proceso-fcaw.html>.

[11] Estructuras metálicas Colombia, soldadura por arco sumergido (SAW) disponible en: <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/montaje-de-estructuras/soldadura-para-la-conexion-de-estructuras>

[12] I. Chiavenato, Administración de recursos Humanos: McGraw-Hill. 1993

[13] M. Suárez, C. Arias, J. Davila, «La aplicación del Kaizen en las organizaciones mexicanas,» Monterrey 2007

9. Anexos

ANEXO 1: Reporte de producción diaria- Soldador.

SOLDADOR	PRODUCCIÓN - CALIDAD				FECHA	TURNO	DÍA	NOCHE												
ESTAMPA																				
ESTACIÓN																				
LÍNEA	L1																			
TURNO PROGRAMADO					RESÚMEN PRODUCCIÓN															
HORA INICIO					HORA TERMINO															
					PD PROCESADAS	PD APROBADAS	PD RECHAZADAS													
PARADAS	HORA INICIO	HORA FIN	MOTIVO DE PARADA							OBSERVACIONES										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
PARADA 01																				
PARADA 02																				
PARADA 03																				
PARADA 04																				
PARADA 05																				
PARADA 06																				
PARADA 07																				
PARADA 08																				
PARADA 09																				
PARADA 10																				
MOTIVO DE PARADA																				
1 RUTINA DIARIA			3 REUNIÓN DE PERSONAL			5 FALTA DE CONSUMIBLE			7 FALTA DE EQUIPOS O HERRAMIENTAS			9 FALTA DE PERSONAL								
2 REFRIGERIO			4 FALTA DE MATERIAL			6 FALTA DE GRÚA O MONTACARGA			8 SSHH			10 OTROS								
REPORTE DE PRODUCCIÓN																				
W.O.	ISOMETRICO	COLADA 1				COLADA 2				N° JUNTA	Ø RAIZ	Ø ACABADO	HORA INICIO	HORA FIN	WPS	OBSERVACIONES	A/R	INSP. QC		
1		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
2		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
3		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
4		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
5		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
6		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
7		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
8		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
9		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
10		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
11		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
12		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							70
13		P	C	B	R	O	T	P	C	B	R	O	T							
SOLDADOR:		FIRMA:				SUPERVISOR: H.GARCIA				FIRMA:										

Es obligatorio:
1ero. El inspector cuente con el plano en mano

ANEXO 2: Reporte de producción diaria- Soldador antes de la implementación.

<p align="center">REPORTE DE SPOOL</p> <p align="center">PRODUCCIÓN - CALIDAD</p>															
SOLDADOR: <u>Rimey Julca Roberto</u>		ESTAMPA: <u>202</u> ESTACIÓN: <u>1</u> LÍNEA: <u>1</u>		TURNO PROGRAMADO HORA INICIO: <u>8:00 AM</u> HORA TERMINO: <u>5:30 PM</u>				FECHA: <u>15-10-21</u> TURNO: <u>NOCHE</u>		RESUMEN PRODUCCIÓN PD PROCESADAS: <u>18</u> PD APROBADAS: <u>16</u> PD RECHAZADAS: <u>2</u>					
PARADAS	HORA INICIO	HORA FIN	MOTIVO DE PARADA										OBSERVACIONES		
PARADA 01	8:00	8:08	X												Charra 5 min
PARADA 02	8:08	8:50		X											
PARADA 03	11:20	11:20					X								
PARADA 04	14:00	14:10					X								
PARADA 05	14:10	14:30													
PARADA 06	15:40	15:45													
PARADA 07															
PARADA 08															
PARADA 09															
PARADA 10															
MOTIVO DE PARADA 1 RETENA DIARIA 3 REUNION DE PERSONAL 6 FALTA DE CONSUMIBLE 7 FALTA DE EQUIPOS O HERRAMIENTAS 9 FALTA DE PERSONAL 2 REFRESCIO 4 FALTA DE MATERIAL 8 FALTA DE GRUA O MONTACARGA 8 SSIH 10 OTROS															
REPORTE DE PRODUCCIÓN															
W.O.	ISOMÉTRICO	COLADA 1	COLADA 2	Nº JUNTA	# RAZ	# ACABADO	HORA INICIO	HORA FIN	VPS	OBSERVACIONES	AP	INSP. GC			
132280-010	02070-HTN-DNG-ISO-0001	# 03261	# 05432	04	2"	2"			001						
				16	2"	2"			001						
				17	2"	2"			001						
				05	2"	2"			001						
				13	2"	2"			001						
				18	2"	2"			001						
				06	2"	2"			001	Rechazado					
				09	2"	2"			001						
				10	2"	2"			001						
SOLDADOR: <u>Rimey Julca Roberto</u> FIRMA: <u>[Firma]</u> SUPERVISOR: <u>Harriet García</u> FIRMA: <u>[Firma]</u>															

Es obligatorio:
Tercero. El inspector cuente con el plano en mano

ANEXO 3: Reporte de producción diaria- Soldador después de la implementación.

REPORTE DE SPOOL

PRODUCCIÓN - CALIDAD

SOLDADOR: Rimney Julca Roberto FECHA: 04-04-22
 ESTAMPADO: RJP TURNO PROGRAMADO: 8:00 AM a 5:30 PM TURNO: DI / NO
 ESTACIÓN: 7 RESUMEN PRODUCCIÓN: PD PRODUCCION: 24 PD APROBADAS: 24 PD RECHAZADAS: 0

PARADAS	HORA INICIO	HORA FIN	MOTIVO DE PARADA										OBSERVACIONES		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
PARADA 01	8:00	8:05			X										Charla 5 min
PARADA 02	14:00	14:15												X	orden y limpieza
PARADA 03	17:23	17:30	X												27 min H.M
PARADA 04															
PARADA 05															
PARADA 06															
PARADA 07															
PARADA 08															
PARADA 09															
PARADA 10															

MOTIVO DE PARADA
 1 RUTINA DIARIA 3 REDUCCION DE PERSONAL 5 FALTA DE CONSUMIBLE 7 FALTA DE EQUIPOS O HERRAMIENTAS 9 FALTA DE PERSONAL
 2 REFRIGERIO 4 FALTA DE MATERIAL 6 FALTA DE GRUA O MONTACARGA 8 SSIH 10 OTROS

W.O.	ISOMÉTRICO	COLADA 1		COLADA 2		N° JUNTA	Ø RAZ	Ø ACABADO	HORA INICIO	HORA FIN	YPS	OBSERVACIONES	AV	BSP. CC
		#	PROB.	#	PROB.									
132460-012	02070-HTN-DNB-ISO-02703	#04271		#07384		06	2"	2"						
"	"					13	2"	2"						
"	"					17	2"	2"						
"	"					19	2"	2"						
"	"					03	2"	2"						
"	"					02	2"	2"						
"	"					05	2"	2"						
"	"					16	2"	2"						
"	"					07	2"	2"						
"	"					02A	2"	2"						
"	"					01	2"	2"						
"	"					08	2"	2"						

SOLDADOR: Rimney Julca Roberto FIRMA: Rimney J. SUPERVISOR: Herbert García FIRMA: [Signature]

Es obligatorio: zero. El Inspector cuente con el plano en mano

