

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LOS COSTOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CAÑERÍAS DE LA EMPRESA METALMECÁNICA TALLERES UNIDOS INGENIERÍA E INVERSIONES S.A.C”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Nehemias Clinger Galindos Espinoza

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios, por haberme dado la vida, mantenerme con buena salud y actitud para
poder perseguir y alcanzar mis objetivos.*

*A mis padres, por brindarme su amor y apoyo incondicional y que, a pesar de la distancia,
los siento tan cerca dentro de mí. A mis tíos, que me permitieron formar parte de su hogar y me
brindaron su apoyo siempre.*

AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por haberme guiado y cuidado cada día de mi vida y seguirlo haciendo y
permitirme cumplir mis metas propuestas.*

*A mis padres por estar a mi lado en todo momento, por ser mi soporte, por mantenerme
los pies en la tierra y darme ánimos para seguir adelante a pesar de las adversidades.*

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	13
ÍNDICE DE ANEXOS.....	14
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Realidad problemática.....	17
1.2. Antecedentes	20
1.3. Bases teóricas	23
1.3.1. <i>Diagrama de Causa-Efecto</i>	23
1.3.2. <i>Materia prima</i>	23
1.3.3. <i>Mano de obra</i>	24
1.3.4. <i>Costo</i>	24
1.3.5. <i>Precio de venta:</i>	25
1.3.6. <i>Inversión:</i>	25
1.3.7. <i>Tubería</i>	25
1.3.8. <i>Sistema frigorífico</i>	26
1.3.9. <i>Tubo galvanizado</i>	26
1.3.10. <i>Cobrizado</i>	26
1.3.11. <i>La tasa interna de rendimiento o de retorno (TIR)</i>	26
1.3.12. <i>Valor presente neto VPN o VAN</i>	27
1.3.13. <i>Flujos de efectivo</i>	27
1.3.14. <i>Diagrama del Proceso de Operación (DOP)</i>	27

1.3.15.	<i>Capacitación del trabajador</i>	28
1.3.16.	<i>Plan de capacitación</i>	29
1.3.17.	<i>Productividad</i>	30
1.3.18.	<i>Eficacia y Eficiencia</i>	31
1.3.19.	<i>Distribución de Planta</i>	32
1.3.20.	<i>Distribución funcional (por talleres, en la producción industrial)</i>	33
1.3.21.	<i>Disposición en flujo (en cadena, en los procesos de embalaje)</i>	35
1.3.22.	<i>Método de Guerchet</i>	36
1.3.23.	<i>Diagrama de la Relación de Actividades</i>	38
1.3.24.	<i>Demanda</i>	41
1.3.26.	<i>Series de tiempo</i>	42
1.3.27.	<i>Promedio Móvil Simple</i>	43
1.3.28.	<i>Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP)</i>	45
1.3.29.	<i>Programa Maestro de Producción</i>	46
1.3.30.	<i>Lista de Materiales</i>	47
1.3.31.	<i>Planeación de Requerimientos de Materiales II (MRP II)</i>	48
1.3.32.	<i>La planificación de la capacidad de los recursos (CRP)</i>	49
1.3.33.	<i>Mantenimiento</i>	50
1.3.34.	<i>Mantenimiento Preventivo</i>	51
1.3.35.	<i>Plan de Mantenimiento Preventivo</i>	52
1.4.	<i>Formulación del problema</i>	53
1.5.	<i>Objetivos</i>	53
1.5.1.	<i>Objetivo general</i>	53
1.5.2.	<i>Objetivos específicos</i>	53
1.6.	<i>Hipótesis</i>	53
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		54
2.1.	<i>Tipo de investigación</i>	54
2.2.	<i>Procedimiento</i>	54

2.3.	Diagnóstico de la realidad actual de la empresa	55
2.3.1.	<i>Descripción general de la empresa</i>	55
2.3.2.	<i>Misión</i>	55
2.3.3.	<i>Visión</i>	55
2.3.4.	<i>Valores</i>	55
2.3.5.	<i>Localización</i>	55
2.3.6.	<i>Organigrama</i>	56
2.3.7.	<i>Diagrama de Operaciones (DOP)</i>	57
2.3.8.	<i>Clientes</i>	58
2.3.9.	<i>Proveedores</i>	58
2.3.10.	<i>Competidores</i>	58
2.3.11.	<i>Productos</i>	59
2.3.12.	<i>Servicios</i>	59
2.3.13.	<i>Maquinaria y equipos</i>	60
2.4.	Diagnóstico el área problemática:	64
2.5.	Identificación de los indicadores:	64
2.6.	Estimación de Pérdidas	65
	<i>CR1: No se cuenta con un Plan de Requerimiento de Materiales Y CR4: Falta de Control y Planificación de la Producción:</i>	65
	<i>CR2: Inexistencia de Mantenimiento Preventivo:</i>	66
	<i>CR3: Mala Distribución de Planta:</i>	69
	<i>CR5: Falta Capacitación de Trabajadores:</i>	71
2.7.	Identificación de los indicadores:	73
2.8.	Solución Propuesta:	75
2.8.1.	<i>MRP II</i>	75
2.8.2.	<i>Plan de Capacitación</i>	89
2.8.3.	<i>Plan de Mantenimiento</i>	91
2.8.4.	<i>Método Guerchet</i>	93
2.9.	Cálculo de la variación de los costos operativos	99

2.10.	Evaluación económica y financiera.....	99
2.10.1.	<i>Inversión de la propuesta</i>	99
2.10.2.	<i>Cálculo del préstamo</i>	101
2.10.3.	<i>Beneficio de la propuesta</i>	102
2.10.4.	<i>Evaluación económica financiera</i>	104
CAPÍTULO III. RESULTADOS		106
3.1.	Implementación del Método Guerchet	106
3.2.	Implementación del MRP II.....	107
3.3.	Implementación de un plan de capacitación	108
3.4.	Implementación de un plan de mantenimiento preventivo.....	109
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		110
4.1.	Discusión	110
4.1.1.	<i>Método Guerchet:</i>	110
4.1.2.	<i>MRP II:</i>	110
4.1.3.	<i>Plan de capacitación:</i>	111
4.1.4.	<i>Plan de mantenimiento preventivo:</i>	111
4.2.	Conclusiones	112
REFERENCIAS		113
Tesis: 114		
Libros: 114		
ANEXOS.....		116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. La producción industrial del sector metalmecánico peruano	18
Tabla 2. Actividad y simbología del Diagrama de Procesos	28
Tabla 3. Eficiencia y eficacia	31
Tabla 4. Causas de los tiempos muertos	32
Tabla 5. Coeficientes para la superficie de evolución.....	37
Tabla 6. Códigos de relación de actividades.....	39
Tabla 7. Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado	42
Tabla 8. Pronóstico de la demanda	44
Tabla 9. Procedimiento	54
Tabla 10. Máquina tronzadora.....	60
Tabla 11. Amoladora angular	60
Tabla 12. Torno.....	61
Tabla 13. Máquina de soldar	61
Tabla 14. Taladro de columna.....	62
Tabla 15. Dobladora de tubos manual.....	62
Tabla 16. Compresora.....	63
Tabla 17. Esmeril.....	63
Tabla 18. Causas raíz	64
Tabla 19. <i>Indicadores de las causas raíz</i>	65
Tabla 20. Pérdida anual por productos no entregados.....	66
Tabla 21. Costo mensual por reparaciones	67
Tabla 22. Pérdidas totales al año por reparaciones	68
Tabla 23. Gasto improductivo por transportes innecesarios	69
Tabla 24. Tiempos y distancias iniciales del proceso de producción	69
Tabla 25. Piezas que se deja de producir.....	70
Tabla 26. <i>Pérdida por piezas que se deja de producir</i>	70
Tabla 27. Pérdida anual por reprocesos	72

Tabla 28. Identificación de los indicadores	73
Tabla 29. Demanda histórica de ventas de las cañerías Suzuki Celerio	75
Tabla 30. Pronóstico de ventas respecto a 3 periodos.....	76
Tabla 31. Ventas pronosticadas a 4 meses	77
Tabla 32. Plan maestro de producción	77
Tabla 33. Lista de materiales detallada	78
Tabla 34. Archivo maestro de inventario.....	79
Tabla 35. Tabla de lanzamiento de órdenes	80
Tabla 36. Puestos de trabajo.....	81
Tabla 37. Maestro de puestos de trabajo.....	83
Tabla 38. Hoja de ruta.....	84
Tabla 39. Recorrido de la cañería por las estaciones de trabajo	85
Tabla 40. Lista de Capacidades (BOC) Min/unid	85
Tabla 41. Horas de producción programadas por día	86
Tabla 42. Factor de ajuste de velocidad	87
Tabla 43. Horas de producción programadas por día	87
Tabla 44. Turnos de producción programados por día.....	88
Tabla 45. Número de trabajadores por semana.....	89
Tabla 46. Plan de capacitación.....	90
Tabla 47. Plan de mantenimiento preventivo	91
Tabla 48. Plan de mantenimiento preventivo	92
Tabla 49. Superficie estática	93
Tabla 50. Superficie de gravitación.....	93
Tabla 51. Superficie de evolución.....	94
Tabla 52. Área requerida.....	94
Tabla 53. Tiempos y distancias mejoradas del proceso de producción	95
Tabla 54. Piezas que se deja de producir luego de la propuesta de mejora	95
Tabla 55. Costo por piezas que se deja de producir luego de la propuesta de mejora.....	96

Tabla 56. Gasto improductivo por traslados innecesarios luego de la propuesta de mejora	96
Tabla 57. Resumen de la gráfica de relación de actividades.....	97
Tabla 58. Variación de los costos operativos.....	99
Tabla 59. Costo de implementación del Método Guerchet.....	99
Tabla 60. Costo de implementación del MRP II	100
Tabla 61. Costo de implementación de un plan de capacitación	100
Tabla 62. Costo de implementación de un plan de mantenimiento preventivo.....	101
Tabla 63. Costo total de inversión	101
Tabla 64. <i>Resumen de la deuda</i>	102
Tabla 65. Beneficio por la implementación del Método Guerchet.....	102
Tabla 66. Beneficio por la implementación del MRP II	103
Tabla 67. <i>Beneficio por la implementación de un plan de capacitación</i>	103
Tabla 68. Beneficio por la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.....	104
Tabla 69. Flujo de caja.....	105
Tabla 70. Indicadores económicos	105
Tabla 71. Indicador Beneficio - Costo.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ingresos mensuales por cañerías.....	19
Figura 2. Porcentaje de variación de ingresos por cañerías.....	19
Figura 3. Diagrama Ishikawa.....	20
Figura 4. Diagrama Causa – Efecto.....	23
Figura 5. Puntos principales de un plan de capacitación.....	29
Figura 6. Distribución orientada al proceso o funcional.....	34
Figura 7. Implantación funcional en servicios (restaurante convencional)	34
Figura 8. Disposición en flujo en los servicios (restaurante self service).....	35
Figura 9. Superficies de Guerchet	36
Figura 10. Diagrama de relación de actividades	39
Figura 11. Pronóstico de promedio móvil contra demanda real.....	45
Figura 12. Plan conjunto y programa maestro de producción de colchones	47
Figura 13. Lista de materiales (árbol estructural del producto) del producto A.....	48
Figura 14. Ubicación de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C	56
Figura 15. Organigrama de la empresa	56
Figura 16. Diagrama de operaciones.....	57
Figura 17. Participación de cada máquina en el costo por reparaciones	68
Figura 18. Recorrido inicial y distribución de maquinaria.....	71
Figura 19. Pérdidas iniciales de cada causa raíz.....	74
Figura 20. Participación de cada causa raíz en las pérdidas totales.....	74
Figura 21. Ventas pronosticadas a 4 meses	77
Figura 22. Lista de materiales	78
Figura 23. Componentes de una cañería Suzuki Celerio	79
Figura 24. Diagrama de puestos de trabajo	81
Figura 25. Diagrama de relación de actividades	97
Figura 26. Recorrido y distribución de maquinaria mejorado.....	98
Figura 27. Valor actual, valor meta y valor logrado	106

Figura 28. Pérdidas iniciales y después de la implementación.....	106
Figura 29. Valor actual, valor meta y valor logrado	107
Figura 30. Pérdidas iniciales y después de la implementación.....	107
Figura 31. Valor actual, valor meta y valor logrado	108
Figura 32. Pérdidas iniciales y después de la implementación.....	108
Figura 33. Valor actual, valor meta y valor logrado	109
Figura 34. Pérdidas iniciales y después de la implementación.....	109

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Productividad orientada a la producción e insumos	30
Ecuación 2. Productividad orientada al logro de resultados y recursos empleados	30
Ecuación 3. Productividad orientada a la eficacia y eficiencia	31
Ecuación 4. Capacidad usada	32
Ecuación 5. Porcentaje de eficiencia	32
Ecuación 6. Porcentaje de eficacia.....	32
Ecuación 7. Superficie de gravitación.....	36
Ecuación 8. Superficie de evolución	37
Ecuación 9. Superficie total.....	38
Ecuación 10. Superficie total de puestos de trabajo.....	38
Ecuación 11. Promedio móvil simple	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cañería para automóviles.....	116
Anexo 2. Cañerías para camionetas.....	116
Anexo 3. Cañerías para vehículos pesados.....	117
Anexo 4. MRP.....	118
Anexo 5. CRP.....	123
Anexo 6. Resumen del CRP.....	127
Anexo 7. Cronograma de capacitación.....	128
Anexo 8. Cronograma de capacitación – Actualización de técnicas de soldadura.....	129
Anexo 9. Cronograma de capacitación – Orden y limpieza en el trabajo.....	129
Anexo 10. Cronograma de capacitación – Lectura e interpretación de planos mecánicos.....	130
Anexo 11. Cronograma de pagos.....	131
Anexo 12. Ingresos mensuales por cañerías.....	132
Anexo 13. Variación de ingresos mensuales por cañerías.....	132
Anexo 14. Resultados esperados por la propuesta de mejora.....	133
Anexo 15. Resultados esperados por la propuesta de mejora.....	133

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general determinar cuál es el impacto en los costos operativos mediante la propuesta de mejora en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Para lograr lo planteado, inicialmente se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa específicamente al área de producción de cañerías, pues esta era el área que presentaba mayores problemas y sobrecostos.

Posteriormente se determinaron y cuantificaron las causas raíz que afectan a los costos operativos de la empresa para poder proponer la implementación de herramientas de mejora propias de la carrera de Ingeniería Industrial las cuales son Material Requirements Planning II, método de distribución de planta Guerchet, plan de capacitación y plan de mantenimiento preventivo.

Finalmente se logró encontrar un impacto positivo de lo propuesto en los costos operativos en el área de producción de cañerías con una reducción de S/43,812.30 a S/7,908.30, asimismo para determinar la rentabilidad de la propuesta de mejora se realizó un análisis económico financiero con una inversión anual de S/39,825.00 se obtuvo un Valor Actual Neto de S/8,193.12, una Tasa Interna de Retorno de 14.86%, un Beneficio - Costo de 1.94 con un periodo de recuperación de 2.49 años. Lo que indica que la propuesta sí es factible y rentable para la empresa.

Palabras clave: Propuesta de mejora, costos operativos, Material Requirements Planning II, distribución de planta, planificación de la producción, producción, metalmecánica.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the impact on operating costs through the proposal for improvement in the pipeline production area of the metalworking company Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

To achieve this, initially a diagnosis of the situation was carried out, the company acts specifically in the pipeline production area, since this was the area that presented the most problems and cost overruns.

Subsequently, the root causes that affect the company's operating costs were determined and quantified in order to propose the implementation of improvement tools typical of the Industrial Engineering career, which are Material Requirements Planning II, the Guerchet plant distribution method, training and preventive maintenance plan.

Finally, it was possible to find a positive impact of what was proposed on operating costs in the pipeline production area, with a reduction from S / 43,812.30 to S / 7,908.30. Also, to determine the profitability of the improvement proposal, a financial economic analysis was carried out with An annual investment of S / 39,825.00 obtained a Net Present Value of S / 8,193.12, an Internal Rate of Return of 14.86%, a Benefit - Cost of 1.94 with a recovery period of 2.49 years. This indicates that the proposal is feasible and profitable for the company.

Key words: Improvement Proposal, operating costs, Material Requirements Planning II, plant distribution, production planning, production, metal mechanics.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El sector manufacturero es esencial en la economía de las naciones, por lo que es reconocido a nivel mundial como la industria madre pues es la base para que la gran mayoría de las demás funcionen, sirviendo de estructuras, instalaciones, máquinas, herramientas, accesorios, repuestos, etc. Podemos ver un claro ejemplo en la producción de acero, este material reciclable y renovable que sirve de base en la industria metalmecánica. Tal como lo menciona World Coal Association en su publicación: ¿Cómo se produce el acero? ([WCA], 2017). "La fabricación de acero entrega los bienes y servicios que nuestras sociedades necesitan: atención médica, telecomunicaciones, mejores prácticas agrícolas, mejores redes de transporte, agua potable y acceso a energía confiable y asequible." (WCA, 2017).

En el ámbito más cercano, en América latina el impacto que viene generando la industria metalmecánica sigue el mismo comportamiento de protagonismo.

Ante esto Alcántara (2015) menciona que: Hoy en día la industria metalmecánica representa cerca de 16% del PIB industrial en América Latina, da empleo a 4.1 millones de personas en forma directa y 19.7 millones de forma indirecta. Tiene además una importante participación en el total de las exportaciones realizadas en la región, tan sólo en México representa 57% del total exportado. (Alcántara, 2015).

En el caso de nuestro país, las empresas metalmecánicas peruanas cada año que transcurre significa crecimiento debido a que no existe ninguna área que este exenta de sus servicios tal como lo evidencia La Sociedad Nacional de Industrias en la publicación de su estudio económico, Reporte Estadístico N.º 1 – enero 2019. ([SNI], 2019). La producción industrial del sector metalmecánico peruano creció 12,8% entre enero y noviembre de 2018. Este segmento provee bienes de capital como maquinarias, equipos e instalaciones, así como artículos y suministros para la industria, minería, construcción, transporte y otros sectores. (SNI, 2019).

Tabla 1.

La producción industrial del sector metalmecánico peruano

Sector	Mill. US\$ FOB		Var. (%)	
	Noviembre 2017	2018	Nov	Ene – Nov
Agropecuario	511	566	10,7	16,5
Pesquero	66	81	24,0	30,8
Textil	104	109	4,6	11,5
Madera y papel	27	28	3,2	-0,4
Químico	124	128	3,5	14,1
Minerales no metálicos	52	54	4,5	7,1
Metalúrgico y joyería	106	100	-5,5	6,1
Metal-mecánico	54	44	-18,0	12,8
Total no tradicional	1 058	1 123	6,2	14,5

Nota: Recuperado de Sociedad Nacional de Industrias (2019)

Todos los estudios y publicaciones antes vistas nos dan una idea de que este tipo de industria por los crecimientos económicos que representan tienen una base muy sólida y que todas o la gran mayoría de las empresas dedicadas a este rubro no deben de presentar muchos problemas en su organización, pues en las pequeñas empresas no se ve reflejada aquel ideal que se tiene, debido a que carecen de trabajadores y en su defecto, los trabajadores que laboran carecen de experiencia en el ámbito. Esto resulta muy perjudicial a largo plazo para este tipo de empresas, pues ocasionará que su producción reduzca, al igual que su clientela se alejará por productos defectuosos o entregas a destiempo; todo por no contar con el personal indicado que a pesar de la buena maquinaria e instalaciones con las que cuente no les dará un buen uso sin una buena capacitación y entrenamiento previo.

Este caso se ve evidenciado en la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C. que a partir del primer trimestre del año 2018 viene presentando una variación significativa de sus ingresos, de S/18,018.00 a S/10,764.00 resultando una disminución del 40.26% respecto al primer trimestre del año 2019, estos problemas en la empresa coinciden con la renovación de una parte de su personal lo que marcó un antes y un después en los métodos de trabajo dentro de la organización, manifestándose como elevados costos de producción y disminución de ventas en específico en la de cañerías para automóviles (Ver anexos n.º 01, 02 y 03) las cuales demandan precisión en sus acabados. Como se muestra los siguientes gráficos:

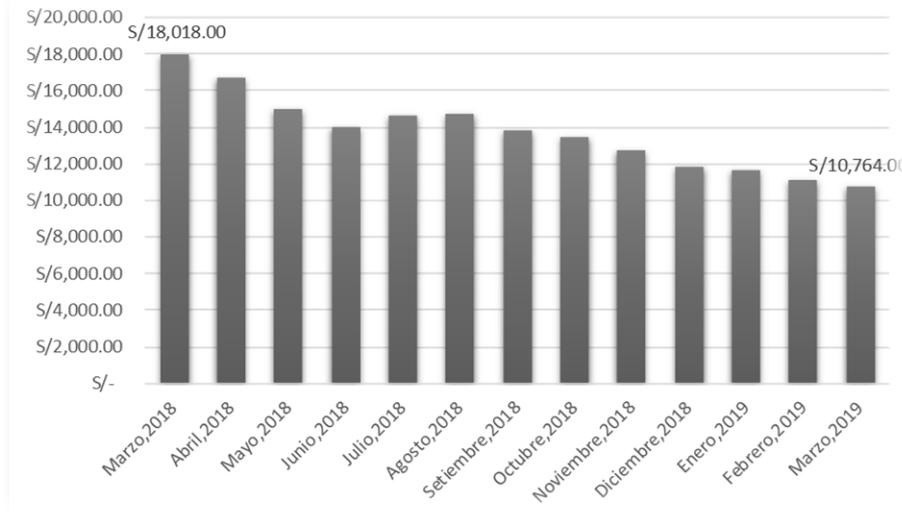


Figura 1. Ingresos mensuales por cañerías. Basado en Anexo 12

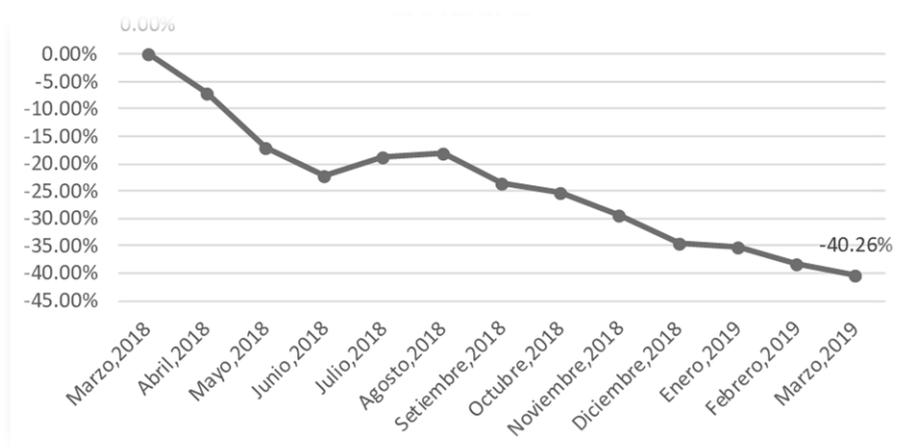


Figura 2. Porcentaje de variación de ingresos por cañerías. Basado en Anexo 13

Esta variación tan significativa es evidencia de los inadecuados métodos usados en la producción de las cañerías, siendo algunos los recorridos innecesarios de los trabajadores dentro de planta, el mal uso de los materiales, herramientas y maquinaria provocando su deterioro o avería que a su vez conduce en un retraso de la producción y el incumplimiento de pedidos y el desperdicio de hora máquina y hora hombre, por motivo de esta problemática se desarrollará un estudio y posterior diagnóstico de los costos operativos de la empresa donde se analizarán las causas raíz encontradas y se detallan en el siguiente diagrama de Ishikawa:

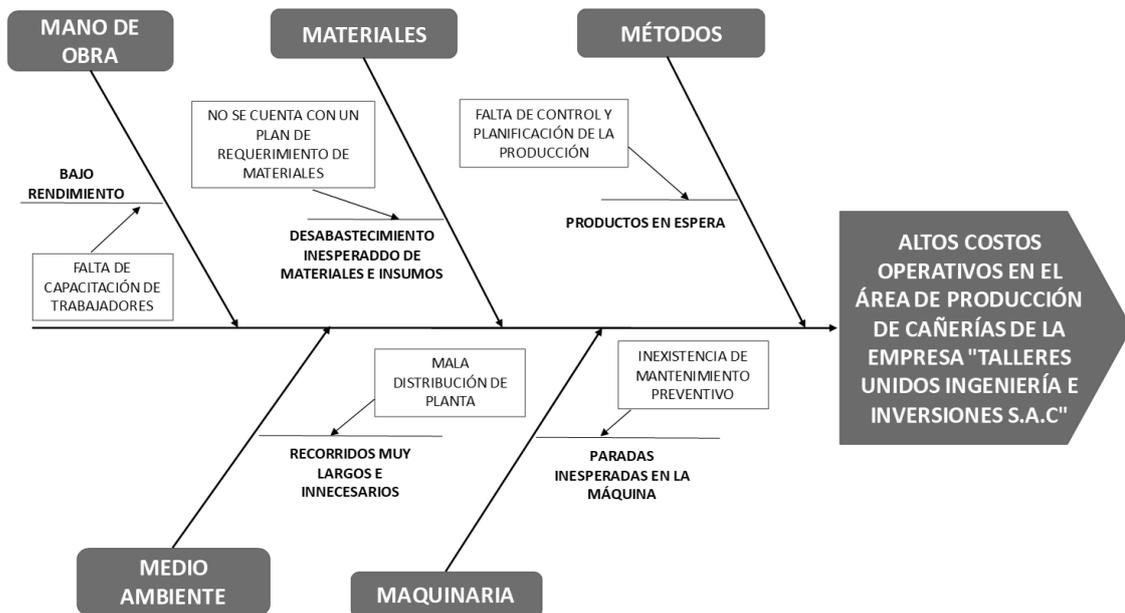


Figura 3. Diagrama Ishikawa. Basado en el área de producción de cañerías de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Las causas raíz encontradas y que están relacionadas con los sobrecostos en el área de producción de cañerías de la empresa son: la falta de capacitación a los trabajadores, la inexistencia de un plan de requerimiento de materiales, falta de control de la producción, mala distribución de planta y la inexistencia de mantenimiento a las maquinarias.

1.2. Antecedentes

En la investigación de (Riera, 2012). “**Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa Cubiertas del Ecuador Kubiec S.A. en la planta Esthela**” evidenció que no existe ningún sistema de mantenimiento planeado mediante el cual garantice la fiabilidad, disponibilidad de los equipos y la producción eficiente de la empresa.

A través de la aplicación de la herramienta de mantenimiento preventivo, correctivo y apoyado con la cooperación del personal operario, quienes tienen mucho conocimiento sobre el funcionamiento de las maquinarias, logró mejorar la productividad de la planta en un 20%, disminuyó el tiempo de entrega de los productos de 5 a 3,5 días. Asimismo, estableció procedimientos para realizar las acciones de mantenimiento en las diversas maquinarias de la planta.

En la tesis de (Sosa, 2018). **“Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento de las unidades de transporte en la empresa transportes JEVREM S.A.C. en el año 2017”** manifestó que esta empresa solo realizaba mantenimiento correctivo a sus unidades lo que generaba paradas imprevistas y pérdidas económicas. Después de la revisión y análisis de aproximadamente 1700 ítems, concluyó que existía un excesivo número de mantenimientos correctivos en las unidades de transporte tipo tracto-camión por lo que optó por elaborar e implementar un programa de mantenimiento preventivo para reducir los costos de y aumentar la disponibilidad de sus vehículos.

Inicialmente el costo anual de mantenimiento correctivo por unidad de transporte era de \$ 16 480,45 y gracia al nuevo programa de gestión de mantenimiento preventivo diseñado, se consiguió un ahorro de \$ 3 011,45 al año por unidad de transporte.

En el estudio de (Pacheco y Mozo 2016). **“Propuesta de mejora del sistema de planificación y control de la producción mensual de azúcar de la empresa CARTAVIO S.A.A”** a partir del análisis de data histórica logró identificar que el sistema de planificación de producción de azúcar presenta dos deficiencias: decreciente porcentaje de cumplimiento del plan mensual de producción de azúcar y una inadecuada planificación de insumos químicos. Debido a que las cantidades programadas son sobreestimadas en comparación con la molienda y producción real respectivamente. Por lo que optó por desarrollar un sistema de planificación y control de la producción y cuyos resultados se evidencian en el aumento del cumplimiento del plan de 92% a 95% de cumplimiento con del plan propuesto. Así mismo para el caso del MRP comparando con el ejecutado, se obtiene 57.61% de cumplimiento del MRP actual y 97.99% de cumplimiento del MRP propuesto.

En la tesis de (Céspedes, 2016). **“Propuesta de redistribución de planta y su efecto en la productividad, en el taller de maestranza-turbinas de la empresa AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S.A.A.”** manifestó que diariamente recibe muchas solicitudes de trabajo que muchas veces no pueden ser atendidas por el desorden en el taller lo que provoca la baja productividad de los trabajadores mediante la búsqueda de herramientas, traslados excesivos y posiciones incómodas. Lo que generó la incomodidad de los supervisores que se disgustaban por la excesiva demora en la fabricación de algún producto. Es por ello por lo que se optó por elaborar una distribución de planta ideal para la empresa.

El resultado obtenido mostró un incremento de la productividad del taller en 15.24%, al pasar de un índice de 0.984 a 1.134 si se logra implementar la propuesta. Asimismo, logró evidenciar la viabilidad del proyecto, después de obtener un VAN de S/.21138.85, una TIR de 3.80% y un indicador B/C de 1.25.

En la investigación de (Paredes y Torres, 2014). **“Propuesta de implementación de un sistema MRP integrando técnicas de manufactura esbelta para la mejora de la rentabilidad de la empresa CALZADOS PAREDES S.A.C.”** luego de analizar los datos recaudados durante su estudio, llegó a la conclusión de que la empresa presenta limitaciones relacionadas con la planificación de los recursos requeridos para su plan de producción, la determinación de un adecuado manejo de inventarios e implementación de herramientas de gestión. Causas que lo llevaron a proponer la implementación de herramientas de la ingeniería específicamente un MRP y demás técnicas de manufactura con el fin de aumentar la rentabilidad de la empresa.

Como resultados logra aumentar el aprovechamiento de capacidad de almacenaje de productos terminados en un 14%, reducir el costo de almacenaje en un 15% y los costos de producción un promedio de 10.63%, también reducir el tiempo de ciclo en 20 minutos para los cambios de línea de producción y finalmente reducir la no conformidad en proceso de producción en un 50% que representan un beneficio de S/. 57.665,91 anuales y en la medida que la aplicación de las técnicas y el sistema MRP I tengan sostenibilidad en el tiempo este valor se incrementará para beneficio. Los costos asociados a la investigación y a la implementación de la propuesta (S/.20,021.30) lo que evidencia la viabilidad de la implementación al generar aproximadamente S/. 229, 000 de ganancia neta, lo cual implica un crecimiento del 33% en el VNA y un crecimiento de la rentabilidad del 7%.

En el trabajo de (Ramírez, 2018). **“Propuesta de un plan de capacitación para disminuir la rotación de colaboradores del área de operaciones de la Línea 1 del Metro de Lima 2018”** identificó la problemática que afecta las operaciones es que existe una elevada rotación de personal que se da mayormente por renuncias llegando a un promedio 15 por mes, Asimismo, esta problemática es agravada por faltas injustificadas que llega hasta los 937 días en que no acudieron a laborar dichos trabajadores incurriendo en evidentes pérdidas económicas para la empresa. Las causas fueron diversas pero la principal fue la falta de capacitación donde 63.9% de los colaboradores señaló que la empresa no se preocupa por realizar capacitaciones. Ante esto se propuso elaborar un plan de capacitación para disminuir la rotación de colaboradores por ende disminuir los días sin laborar y su baja rentabilidad.

Con esta propuesta se espera que se reduzca el 50% de la rotación de personal generando un ahorro para la empresa, tanto desde el punto de vista financiero, al lograr desaparecer o reducir los costos generados por la rotación, como desde el punto de vista productivo al lograr una mejor integración del personal.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Diagrama de Causa-Efecto

Según Carro y González (2012) el diagrama de causa-efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa o de espina de pescado. Su propósito es proveer una vista gráfica de una lista en donde se pueden identificar y organizar posibles causas a problemas para asegurar el éxito dentro de algún proyecto.

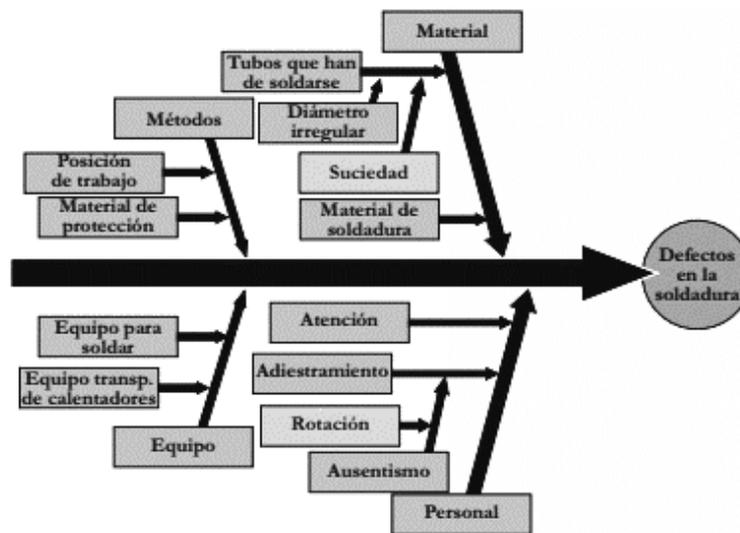


Figura 4. Diagrama Causa – Efecto. Recuperado de Carro y González (2012)

1.3.2. Materia prima

Colín (2014) sostuvo que son los materiales que serán sometidos a operaciones de transformación o manufactura para su cambio físico y/o químico, antes de que puedan venderse como productos terminados, se divide en:

1.3.2.1. Materia prima directa (MPD)

Son todos los materiales sujetos a transformación, que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados, como, por ejemplo, la madera en la industria mueblera.

1.3.2.2. Materia prima indirecta (MPI)

Son todos los materiales sujetos a transformación, que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados, por ejemplo, el barniz en la industria mueblera.

1.3.3. Mano de obra

Es el esfuerzo humano que interviene en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados, se divide en:

1.3.3.1. Mano de obra directa (MOD)

Son los salarios, prestaciones y obligaciones a que den lugar, de todos los trabajadores de la fábrica, cuya actividad se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.

1.3.3.2. Mano de obra indirecta (MOI)

Son los salarios, prestaciones y obligaciones a que den lugar, de todos los trabajadores y empleados de la fábrica, cuya actividad no se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados.

1.3.4. Costo

Según Keat y Young (2004) el costo generalmente se considera del dominio del departamento de contabilidad. Su presentación al mundo exterior (a los banqueros, accionistas, inversionistas y proveedores) está basada en reglas generalmente aceptadas de contabilidad. Para propósitos de análisis interno y toma de decisiones, la definición costo está basada en el concepto de relevancia.

1.3.4.1. Cargos indirectos (CI)

Colín (2014) indicó que estos también llamados gastos de fabricación, gastos indirectos de fábrica, gastos indirectos de producción o costos indirectos, son el conjunto de costos fabriles que intervienen en la transformación de los productos y que no se identifican o cuantifican plenamente con la elaboración de partidas específicas de productos, procesos productivos o centros de costo determinados.

Si se conocen los elementos que conforman el costo de producción se pueden determinar otros conceptos, en la forma siguiente:

1.3.4.2. Costo primo:

Es la suma de los elementos directos que intervienen en la elaboración de los artículos (materia prima directa más mano de obra directa).

1.3.4.3. Costo de transformación o conversión:

Es la suma de los elementos que intervienen en la transformación de las materias primas directas en productos terminados (mano de obra directa más cargos indirectos).

1.3.4.4. Costo de producción:

Es la suma de los tres elementos que lo integran (materia prima directa, mano de obra directa y cargos indirectos); también podemos decir que es la suma del costo primo más los cargos indirectos.

1.3.4.5. Gastos de operación:

Es la suma de los gastos de venta, administración y financiamiento.

1.3.4.6. Costo total:

Es la suma del costo de producción más los gastos de operación.

1.3.5. Precio de venta:

Días, Castro y Cataluña (2013) indican que el precio de venta representa, desde el punto de vista del comprador, la cantidad de recursos (expresada normalmente en dinero, aunque también podría consistir en productos y servicios) que es necesario sacrificar o entregar para adquirir la propiedad o el derecho de uso y disfrute de un producto o servicio.

1.3.6. Inversión:

Según Mankiw (2015) la inversión es la compra de bienes que se utilizarán en el futuro para producir más bienes y servicios. Es la suma de las compras de equipo de capital, inventarios y estructuras. La inversión en estructuras incluye el gasto en viviendas nuevas. Por convención, la compra de una casa nueva es la única forma del gasto de los hogares que se categoriza como inversión en lugar de consumo.

1.3.7. Tubería

Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. También sirven para transportar materiales que, si bien no son propiamente un fluido, se adecuan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etcétera.

Denominaciones

Debe distinguirse entre el término *tubería*, que en general designa las conducciones de sección circular y los *conductos* que pueden tener otras secciones y que no son propiamente tuberías.

A menudo, cuando se trata de tuberías de una instalación de suministro de agua con tubería de acero galvanizado, se llaman *cañerías*. Se debe a que hubo antiguas instalaciones que se hicieron con cañas y de ahí que quedase ese término para las tuberías fabricadas más antiguas: las de acero, y su conjunto recibió el nombre de cañería. (Wikipedia,2020)

1.3.8. Sistema frigorífico

Los denominados sistemas frigoríficos o sistemas de refrigeración corresponden a arreglos mecánicos que utilizan las propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos, conforme se requiera. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración, las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme especificaciones. (Wikipedia, 2020)

1.3.9. Tubo galvanizado

Los tubos galvanizados son un producto que se ha sometido a un proceso de galvanización, son prefabricados y bañados en zinc fundido, lo cual los protege de los elementos naturales, lo que significa que este proceso impide la oxidación y el envejecimiento rápido de la tubería. Por el contrario de las tuberías de acero comunes que están creadas con un metal de hierro lo cual significa que tarde o temprano serán susceptibles a la corrosión y la oxidación.

Las características y los beneficios que este tipo de tubería nos traen son:

- El proceso del bañado de zinc fundido al que fue sometido hace que este tipo de tubería esté protegida contra la descomposición y el eventual debilitamiento, como también de la oxidación y corrosión.
- En cuestiones monetarias las tuberías galvanizadas siguen siendo una mejor inversión que las tuberías de acero ya que son más duraderas.
- Este tipo de tuberías suelen ser más económicas y reciclables en comparación de las de acero. (Aceros y cercados, 2020).

1.3.10. Cobrizado

El cobrizado es un acabado que se aplica directamente sobre hierro para recubrirlo con una capa de cobre y así abaratar costos ya que, por sus propiedades, el cobre, es un excelente conductor de electricidad y calor; por esta razón cobrizar el acero reduce el costo en comparación con la fabricación de la misma pieza sobre cobre puro. (DAYSA, 2020).

1.3.11. La tasa interna de rendimiento o de retorno (TIR)

Van Horne y Wachowicz (2002) informaron que para una propuesta de inversión es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo (FE) esperados con el flujo de salida inicial (FSI). Si el flujo de salida inicial o costo ocurre en el tiempo 0, se representa por la tasa, TIR.

1.3.12. Valor presente neto VPN o VAN

El valor presente de los flujos de efectivo netos de un proyecto de inversión menos su flujo de salida inicial igual que el método de la tasa interna de rendimiento, el método del valor presente neto es un enfoque de flujo de efectivo descontado para el presupuesto de capital. El valor presente neto (VPN) de una inversión es el valor presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta menos el flujo de salida inicial de esa propuesta.

1.3.13. Flujos de efectivo

Según Van Horne y Wachowicz (2002) el propósito del estado de flujos de efectivo es reportar los flujos de entrada y salida de efectivo en una empresa durante un periodo, clasificados en tres categorías: actividades operativas, de inversión y de financiamiento. Este estado es un requisito de acuerdo con la Declaración de estándares de contabilidad financiera (Statement of Financial Accounting Standards, SFAS). Cuando se usa con la información contenida en los otros dos estados financieros básicos y lo que ellos revelan, debe ayudar al gerente financiero a evaluar e identificar:

- la capacidad de una compañía para generar flujos de entrada de efectivo neto futuros a partir de las operaciones para pagar sus deudas, intereses y dividendos,
- la necesidad de financiamiento externo de una compañía,
- las razones de las diferencias entre el ingreso neto y el flujo de efectivo neto vistas desde las actividades operativas,
- los efectos de invertir y financiar transacciones con y sin efectivo.

1.3.14. Diagrama del Proceso de Operación (DOP)

García (2005) indica que el diagrama del proceso de operación es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; además, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis: por ejemplo, el tiempo requerido, la situación de cada paso o si los ciclos de fabricación son los adecuados.

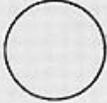
Los objetivos de este diagrama son proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Por lo tanto, permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo. Además, otorga la posibilidad de estudiar las operaciones y las inspecciones interrelacionadas dentro de un mismo proceso. Los diagramas del proceso de la operación difieren ampliamente entre sí a consecuencia de las diferencias entre los procesos que representan.

Por lo tanto, es práctico utilizar sólo formularios impresos que faciliten escribir la información de identificación. Los diagramas del proceso de la operación se hacen sobre papel blanco, de tamaño suficiente para este propósito.

Simbología:

Tabla 2.

Actividad y simbología del Diagrama de Procesos

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
Operación:	<p>Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo.</p> <p>Ejemplos: Tornear una pieza, tiempo de secado de una pintura, cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etcétera.</p>	
Inspección:	<p>Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características.</p> <p>Ejemplos: Revisar las botellas que salen de un horno, pesar un rollo de papel, contar cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etcétera.</p>	
Actividad combinada:	<p>Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.</p>	

Nota: Recuperado de García (2005)

1.3.15. Capacitación del trabajador

Para García (2005) capacitar es transmitir conocimientos. Cuando una persona toma a su cargo un empleado para indicarle cómo debe realizar su trabajo, está transmitiendo una serie de conocimientos que le serán necesarios para efectuar correctamente su trabajo. Una buena capacitación por parte del responsable de implantar los nuevos métodos constituye la base para lograr una mayor eficiencia y calidad en el trabajo.

1.3.16. Plan de capacitación

Según Chiavenato (2008) el programa de capacitación requiere un plan que incluya los puntos siguientes:

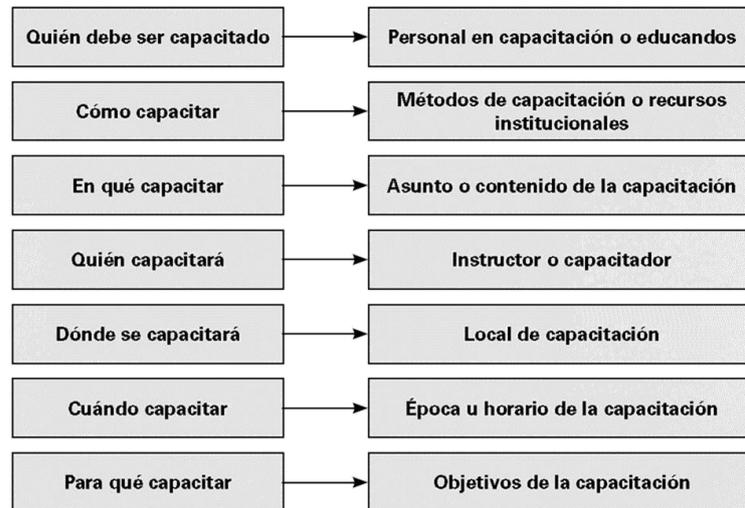


Figura 5. Puntos principales de un plan de capacitación. Recuperado de Chiavenato (2008)

- Atender una necesidad específica para cada ocasión.
- Definición clara del objetivo de la capacitación.
- División del trabajo que se desarrollará en módulos, cursos o programas.
- Determinación del contenido de la capacitación.
- Selección de los métodos de capacitación y la tecnología disponible.
- Definición de los recursos necesarios para efectuar la capacitación, como tipo de capacitador o instructor, re- cursos audiovisuales, máquinas, equipos o herramientas necesarios, materiales, manuales, etcétera.
- Definición del grupo objetivo, es decir, las personas que reciben la capacitación: Número de personas, Tiempo disponible, Grado de habilidad, conocimientos y tipo de actitudes y Características personales de conducta.
- Lugar donde se efectuará la capacitación, con la consideración de las opciones siguientes: en el puesto, fuera del puesto, pero dentro de la empresa, y fuera de la em- presa.
- Tiempo o periodicidad de la capacitación, horario u ocasión propicia.
- Cálculo de la relación costo-beneficio del programa.
- Control y evaluación de resultados críticos que demandan ajustes y modificaciones al revisar los puntos para programa para mejorar su eficacia.

La planeación se deriva del diagnóstico de las necesidades de capacitación. Por lo general, los recursos y las competencias a disposición de la capacitación se relacionan con la problemática diagnosticada.

1.3.17. Productividad

Según García (2005) es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. En nuestro caso, el objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo. a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas, elementos sobre los cuales la acción del ingeniero industrial debe enfocar sus esfuerzos para aumentar los índices de productividad actual y, en esa forma, reducir los costos de producción. Hemos mencionado la necesidad de "aumentar los índices de productividad". Ahora veamos cómo se logra. Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos

1. Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
2. Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
3. Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

Aquí podemos darnos cuenta de que la productividad (cociente) aumentará en la medida en que logremos incrementar el numerador. es decir. el producto físico; también aumentará si reducimos el denominador, es decir el insumo físico.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables

Por tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

Ecuación 1. *Productividad orientada a la producción e insumos*

$$1^{\circ} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

Ecuación 2. *Productividad orientada al logro de resultados y recursos empleados*

$$2^{\circ} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

1.3.18. Eficacia y Eficiencia

Desde un punto de vista sistémico se sabe que para que una empresa trabaje bien, todas sus áreas y su personal, sin importar sus jerarquías, deben funcionar adecuadamente, pues la productividad es el punto final del esfuerzo y combinación de todos los recursos humanos, materiales y financieros que integran una empresa.

La eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos: es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad. De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

Ecuación 3. *Productividad orientada a la eficacia y eficiencia*

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{Valor} \rightarrow \text{Cliente}}{\text{Costo} \rightarrow \text{Productor}}$$

Tabla 3.

Eficiencia y eficacia

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES
Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempos muertos ○ Desperdicio ○ Porcentaje de utilización de la capacidad instalada.
Eficacia	Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, etcétera.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas. ○ Demoras en los tiempos de entregas.

Nota: Recuperado de García (2005)

Eficiencia: Es la capacidad disponible en horas-hombre y horas-máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente.

Las causas de tiempos muertos, tanto en horas-hombre como en horas-máquina, son las siguientes:

Tabla 4.

Causas de los tiempos muertos

<input type="radio"/> Falta de material	<input type="radio"/> Mantenimiento	<input type="radio"/> Otros
<input type="radio"/> Falta de personal	<input type="radio"/> Producción	<input type="radio"/> Falta de información
<input type="radio"/> Falta de energía	<input type="radio"/> Calidad	
<input type="radio"/> Manufactura	<input type="radio"/> Falta de tarjetas	

Nota: Recuperado de García (2005)

Ecuación 4. *Capacidad usada*

$$\text{Capacidad usada} = \text{Capacidad disponible} - \text{Tiempo muerto}$$

Ecuación 5. *Porcentaje de eficiencia*

$$\text{Porcentaje de eficiencia} = \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100$$

Ecuación 6. *Porcentaje de eficacia*

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \times 100$$

1.3.19. Distribución de Planta

Para Arbós (2009) es la disposición de los procesos y sus actividades en las plantas de producción, lo que suele denominarse distribución en planta, obedece básicamente a dos modelos, aunque en realidad si los desdoblamos, podemos obtener varios tipos de disposición. Los básicos son:

- Disposición orientada al proceso, en la que los puestos de trabajo están funcionalmente, es decir por el tipo de actividad que desarrollan (su función), pero sin relación alguna con el producto, que se mueve en cada operación hacia el puesto de trabajo adecuado, allí donde se halle.
- Disposición orientada al producto, en la que los puestos de trabajo están dispuestos en flujo, de acuerdo con la secuencia de operaciones a seguir por el producto a obtener.

Ambos tipos de disposición son antagónicos en su concepción, lo que queda patente si pensamos que en la disposición orientada al proceso el producto debe ir hasta el puesto de trabajo que pueda realizar la operación que necesita, y en la disposición orientada al producto es el puesto de trabajo el que se sitúa en la secuencia de operación del producto (el puesto "viene" hasta el producto). Vamos a exponer ahora las características básicas de cada uno de ellos.

1.3.20. Distribución funcional (por talleres, en la producción industrial)

A la distribución orientada al proceso se la denomina funcional por los motivos que acabamos de exponer (en fabricación también se denominan talleres a las plantas organizadas de este modo). Está basada en puestos de trabajo integrados por personas y máquinas, como se observará en la siguiente figura y dispuestos funcionalmente en la planta, siendo el producto el que a base de recorridos más o menos complejos y diferenciados, pasa de un puesto a otro; cada producto tiene así su itinerario distinto, principio, de uno a otro (en la figura se muestran dos de ellos, con rutas identificadas con las letras A y M, respectivamente).

Como ejemplos de la distribución funcional podemos citar:

- En la producción industrial; cualquier taller (mecanizado soldadura, etc.).
- En producción de servicios; aquellos en los que es la persona la que desplaza a puestos de atención fijos, supermercados, hospitales, oficinas bancarias, aeropuertos, hoteles, restaurantes, etc.

De hecho, tanto en el mundo industrial como en el de los servicios, este tipo de distribución en planta es la más corriente. Sin embargo y como veremos, es la distribución más adecuada para las plantas convencionales, pero en absoluto para el modelo de gestión Lean.

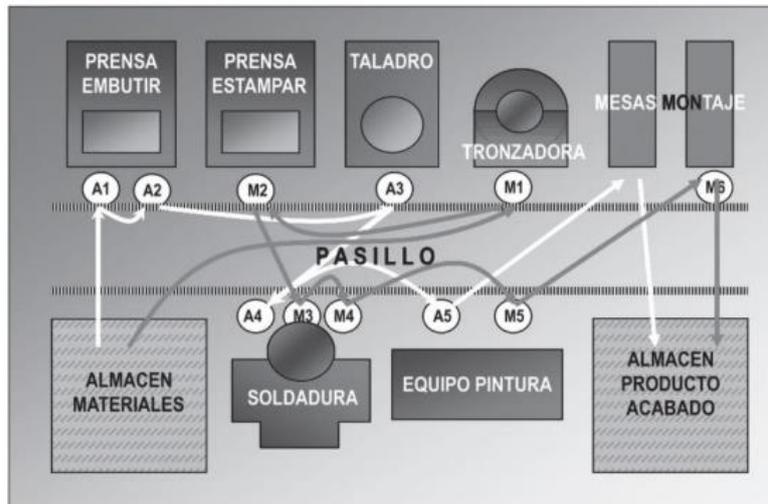


Figura 6. Distribución orientada al proceso o funcional. Recuperado de Arbós (2009)

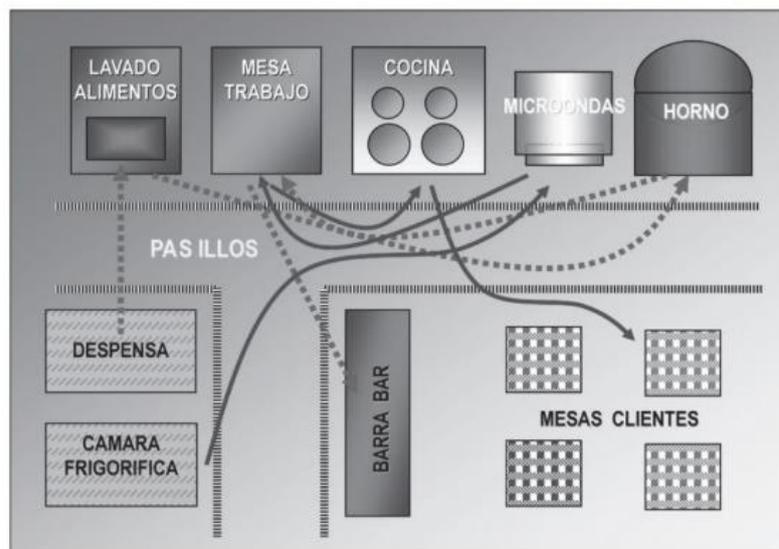


Figura 7. Implantación funcional en servicios (restaurante convencional). Recuperado de Arbós (2009)

Ventajas:

- Variedad y flexibilidad en el tipo de producto
- Posibilidad de realizar lotes pequeños de producto

Inconvenientes:

- Tiempo de proceso muy largo
- Cantidad elevada de despilfarros

1.3.21. Disposición en flujo (en cadena, en los procesos de embalaje)

La disposición básicamente alternativa a la anterior es la que dispone la operación en flujo. Es muy típica en las cadenas de montaje, por lo que también se la conoce por distribución en cadena (sobre todo en los procesos de ensamblaje o montaje).

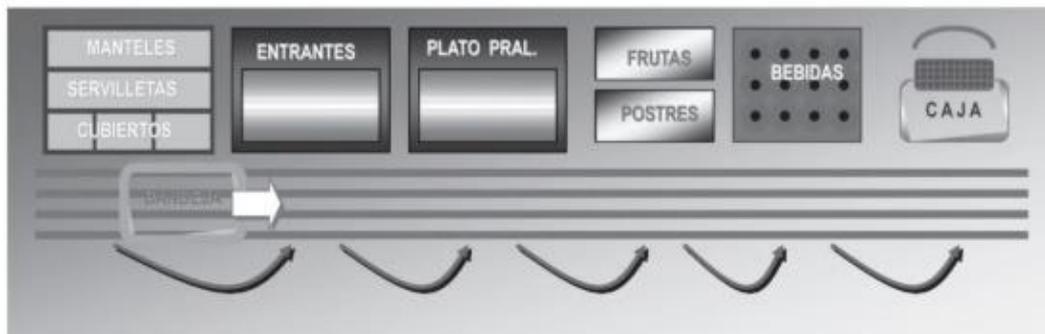


Figura 8. Disposición en flujo en los servicios (restaurante self service). Recuperado de Arbós (2009)

Como ejemplos de la distribución en flujo que ayuden a componer su filosofía podemos citar.

- En producción industrial: cualquier cadena de montaje (automóviles, televisores, etc.).
- En producción de servicios: aquellos que se prestan asimismo "en cadena", como por ejemplo en un restaurante.

Ventajas:

- Tiempo de procesos bajo
- Cantidad mínima de despilfarros (COSTE BAJO)

Inconvenientes:

- Producción muy homogénea (BAJA VARIEDAD)
- Volúmenes de producción elevados

1.3.22. Método de Guerchet

Según el método de Guerchet, la superficie total vendrá dada por la suma de tres superficies parciales, como se apreciará en el siguiente diagrama:

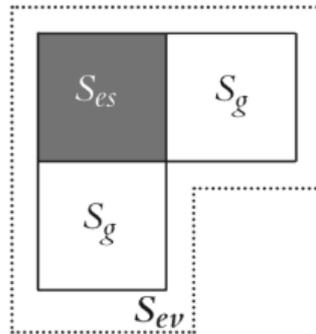


Figura 9. Superficies de Guerchet. Recuperado de Arbós (2009)

1.3.22.1. Superficie estática S_{es} :

Esta es la superficie productiva, es decir, la que ocupa físicamente la maquinaria, el mobiliario y las demás instalaciones.

1.3.22.2. Superficie de gravitación S_g :

Se trata de la superficie utilizada por los operarios que están trabajando y por la materia que está procesándose en un puesto de trabajo. Esta se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados (n) de esta que deban estar operativos, es decir, por los que utilizara el equipamiento productivo:

Ecuación 7. Superficie de gravitación

$$S_g = S_{es} \times n$$

En el caso de almacenes o de máquinas automáticas, el número de lados operativos es menor que en el caso de máquinas o equipos productivos con trabajadores operando en ellos.

1.3.22.3. Superficie de evolución S_{ev} :

Contempla la superficie necesaria a reservar entre diferentes puestos de trabajo para el movimiento del personal y del material y sus medios de transporte. Se obtiene como suma de la superficie estática más de la gravitación afectada por un coeficiente k .

Este coeficiente variará en función de la proporción entre el volumen del material, personal y equipos de mantenimiento que se muevan entre los puestos de trabajo y el tamaño de las máquinas y equipos e instalaciones productivas de dichos puestos, los que se traduce en un "pasillo" de anchura relacionada con el coeficiente k alrededor del conjunto de las superficies S_e y S_g , con lo que la superficie de evolución vendrá dada por:

Ecuación 8. *Superficie de evolución*

$$S_{ev} = (S_{es} + S_g) \times k$$

A modo de ejemplo, en el siguiente cuadro, se dan una serie de valores del coeficiente k .

Tabla 5.

Coefficientes para la superficie de evolución

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	K
Gran industria, alimentación	0.05 – 0.15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0.10 – 0.25
Textil-hilado	0.05 – 0.25
Textil-tejido	0.50 – 1.00
Relojería, joyería	0.75 – 1.00
Pequeña mecánica	1.50 – 2.00
Industria mecánica	2.00 – 3.00

Nota: Recuperado de Arbós (2009)

Un elemento muy importante a tener en cuenta es el material dispuesto junto a la máquina en espera de ser procesado o evacuado de la misma. Si su volumen es pequeño, como suele ocurrir en los procesos gestionados bajo los principios del Lean Manufacturing, ello no afectará a la superficie calculada, pero si se trata de lotes voluminoso, deberá calcularse su superficie por separado, como si de un stock se tratara, y sumarla a la superficie total.

Así pues, teniendo en cuenta los tres tipos de superficie considerados la superficie total S_t que debe destinarse por puesto de trabajo vendrá dada por:

Ecuación 9. *Superficie total*

$$S_t = S_{es} + S_g + S_{ev} = S_{es} + (S_{es} \times n) + [S_{es} + (S_{es} \times n)] \times k =$$

$$= S_{es} \times [1 + n + k + (n \times k)]$$

Teniendo en cuenta todos los puestos de trabajo involucrados en la planta, se

precisará una superficie igual a:

Ecuación 10. *Superficie total de puestos de trabajo*

$$S_t = \sum_{i=j}^r S_{ti}$$

Donde r es el número de puesto de trabajo de la planta

Finalmente, para la evaluación de la superficie a ocupar no debemos olvidar añadir la correspondiente a los centros técnicos no productivo y servicios anexos a la superficie total S_t anteriormente definida.

1.3.23. Diagrama de la Relación de Actividades

Según Meyers (2006), el diagrama de la relación de actividades, al que también se le da el nombre de diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área. Responde a la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios? Este cuestionamiento necesita plantearse en forma imprescindible.

Se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación. Como persona nueva o consultor externo, necesita hablar con muchas personas a fin de determinar dichos códigos, y una vez establecidos, se determina casi todo el acomodo de los departamentos, oficinas y áreas de servicio. Los códigos son los siguientes:

Tabla 6.

Códigos de relación de actividades

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Nota: Recuperado de Meyers (2006)

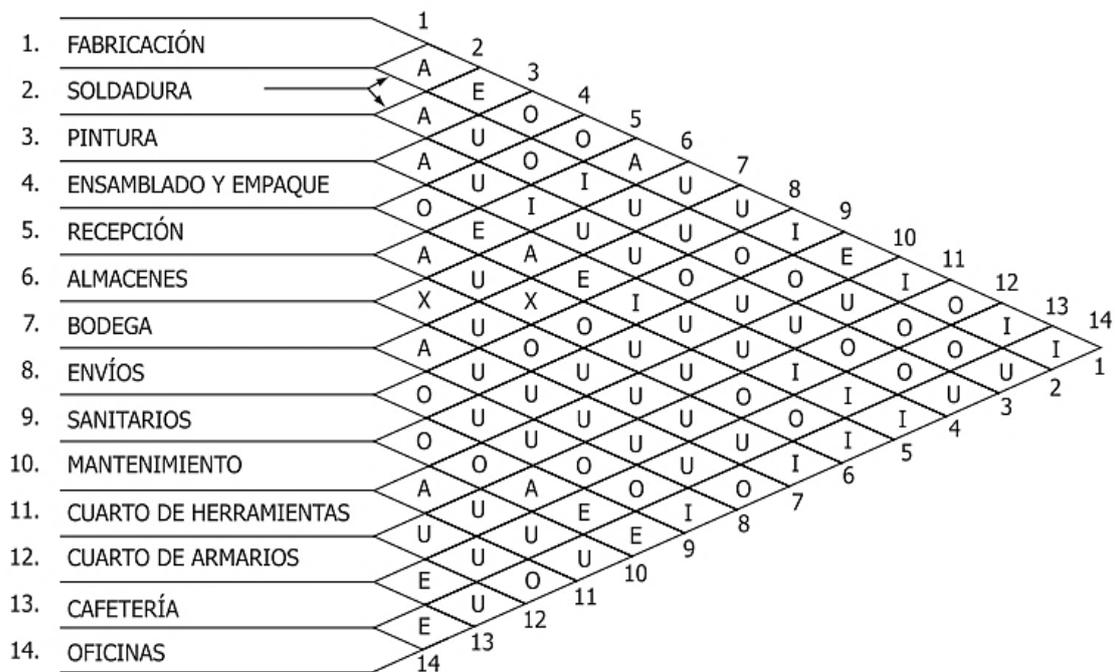


Figura 10. Diagrama de relación de actividades. Recuperado de Meyers (2006)

El código A debe restringirse al movimiento de cantidades masivas de material entre departamentos. Por ejemplo, la bodega del acero que se recibe y el departamento de corte, en manufactura, es un código A. Por la misma razón, el departamento de recepción del acero debe estar junto a la bodega de acero. También podría clasificarse con código A la necesidad de que números importantes de personas se trasladaran; por ejemplo, el mantenimiento y el almacén de herramientas y suministros están en el código A. No obstante, hay que ser parco en el uso de este código de importancia máxima; de otro modo se convertiría en algo de poca utilidad. Se encontrará que es difícil manejar más de ocho códigos A dentro de un departamento. A veces pueden combinarse dos departamentos, oficinas o instalaciones de servicio en la misma línea, como la línea 4. Esto es como un súper código A. El mantenimiento y la sala de herramientas, y los sanitarios y los lockers, son otros ejemplos de departamentos e instalaciones de servicio, respectivamente, que no debieran separarse.

Si hubiera alguna duda de que se trate de un código A, use el E. Éste denota que se mueve mucho material o gran cantidad de personas entre los dos departamentos, pero no todo o todas lo hacen al mismo tiempo. Por ejemplo, todos necesitan ir al sanitario o al comedor, pero no en todo momento, por lo que un código E sería apropiado para departamentos con varios individuos. Los departamentos con poco personal tienen las mismas necesidades, pero debido a la menor cantidad de gente, hay menos necesidad de situarla cerca de los servicios.

Una forma interesante de estudiar la ubicación de una instalación de servicio, como los sanitarios, es imaginar que se une con una banda elástica a cada empleado con el sanitario, con lo que cada persona tira de éste hacia él o ella. Si sólo se tuviera a dos personas, las bandas colocarían los sanitarios a mitad del camino entre las dos personas. Con muchas personas esto sólo es un poco más complicado.

Los códigos I y O se usan si se desea algún nivel de importancia, pero dichos códigos no son tan útiles como los otros. No es buena idea omitirlos, al menos en los primeros diseños de distribuciones.

El código U es útil porque informa que no se necesita actividad o interfaz entre dos departamentos. Éstos pueden colocarse lejos uno del otro.

Los códigos X son tan importantes como los A, pero por la razón opuesta. Por ejemplo, si el departamento de pintura se localiza junto al de soldadura es posible que ocurra una explosión. El ruido, olores, calor, polvo, frío, y otras características parecidas, son razones buenas para asignar un código X.

1.3.24. Demanda

Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009) indican que el propósito del manejo de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, con el fin de poder usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo. ¿De dónde proviene la demanda del producto o servicio de una empresa? y ¿qué puede hacer una compañía para administrarla? Existen dos fuentes básicas de la demanda: dependiente e independiente. La demanda dependiente es la demanda de un producto o servicio provocada por la demanda de otros productos o servicios. Por ejemplo, si una empresa vende 1 000 triciclos, entonces se van a necesitar 1 000 ruedas delanteras y 2 000 traseras. Este tipo de demanda interna no necesita un pronóstico, sino sólo una tabulación. La cantidad de triciclos que la empresa podría vender es la demanda independiente porque no se deriva directamente de la demanda de otros productos.

Una empresa no puede hacer mucho respecto de la demanda dependiente. Es preciso cubrirla (aunque el producto o servicio se pueda comprar en lugar de producirlo en forma interna). Pero sí hay mucho que una empresa puede hacer en cuanto a la demanda independiente, si así lo desea. La compañía puede:

1. Adoptar un papel activo para influir en la demanda. La empresa puede presionar a su fuerza de ventas, ofrecer incentivos tanto a los clientes como a su personal, crear campañas para vender sus productos y bajar precios. Estas acciones pueden incrementar la demanda. Por el contrario, es posible disminuir la demanda mediante aumentos de precios o la reducción de los esfuerzos de ventas.
2. Adoptar un papel pasivo y simplemente responder a la demanda. Existen varias razones por las que una empresa no trata de cambiar la demanda, sino que la acepta tal como llega. Si una compañía funciona a toda su capacidad, tal vez no quiera hacer nada en cuanto a la demanda. Otras razones pueden ser que la compañía no tenga el poder de cambiar la demanda debido al gasto en publicidad; es probable que el mercado sea fijo y estático; o que la demanda esté fuera de su control (como en el caso de un proveedor único). Existen otras razones competitivas, legales, ambientales, éticas y morales por las que la demanda del mercado se acepta de manera pasiva.

Es necesaria mucha coordinación para manejar estas demandas dependientes, independientes, activas y pasivas. Las demandas se originan tanto interna como externamente en forma de ventas de productos nuevos por parte de marketing, piezas de reparación para productos vendidos con anterioridad, reabastecimiento de los almacenes de la fábrica y suministro de artículos para manufactura. El principal interés se centra en el pronóstico relacionado con los productos independientes.

1.3.25. Tipos de pronósticos

El pronóstico se puede clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación.

Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo, el enfoque primario de este capítulo se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda pasada para predecir la demanda futura. La información anterior puede incluir varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas, y se describe en la sección siguiente. El pronóstico causal, que se analiza utilizando la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Los modelos de simulación permiten al encargado del pronóstico manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico.

1.3.26. Series de tiempo

Los modelos de pronósticos de series de tiempo tratan de predecir el futuro con base en la información pasada. Por ejemplo, las cifras de ventas recopiladas durante las últimas seis semanas se pueden usar para pronosticar las ventas durante la séptima semana. Las cifras de ventas trimestrales recopiladas durante los últimos años se pueden utilizar para pronosticar los trimestres futuros. Aun cuando ambos ejemplos contienen ventas, es probable que se utilicen distintos modelos de series de tiempo para pronosticar.

Tabla 7.

Guía para seleccionar un método de pronóstico apropiado

MÉTODO DE PRONÓSTICO	MONTO DE DATOS HISTÓRICOS	PATRÓN DE LOS DATOS	HORIZONTE DE PRONÓSTICO
Promedio móvil simple	6 a 12 meses, a menudo se utilizan datos semanales	Los datos deben ser estacionarios (es decir, sin tendencia ni temporalidad)	Corto a mediano
Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Los datos deben ser estacionarios	Corto
Suavización exponencial con tendencia	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Estacionarios y tendencias	Corto
Regresión lineal	De 10 a 20 observaciones; para la temporalidad, por lo menos 5 observaciones por temporada	Estacionarios, tendencias y temporalidad	Corto a mediano

Nota: Recuperado de Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009)

El modelo de pronóstico que una empresa debe utilizar depende de:

- El horizonte de tiempo que se va a pronosticar.
- La disponibilidad de los datos.
- La precisión requerida.
- El tamaño del presupuesto de pronóstico.
- La disponibilidad de personal calificado.

Al seleccionar un modelo de pronóstico, existen otros aspectos como el grado de flexibilidad de la empresa (mientras mayor sea su habilidad para reaccionar con rapidez a los cambios, menos preciso necesita ser el pronóstico). Otro aspecto es la consecuencia de un mal pronóstico. Si una decisión importante sobre la inversión de capital se basa en un pronóstico, éste debe ser bueno.

1.3.27. Promedio Móvil Simple

Cuando la demanda de un producto no crece ni baja con rapidez, y si no tiene características estacionales, un promedio móvil puede ser útil para eliminar las fluctuaciones aleatorias del pronóstico. Aunque los promedios de movimientos casi siempre son centrados, es más conveniente utilizar datos pasados para predecir el periodo siguiente de manera directa.

Para ilustrar, un promedio centrado de cinco meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo da un promedio centrado en marzo. Sin embargo, los cinco meses de datos deben existir. Si el objetivo es pronosticar para junio, se debe proyectar el promedio de movimientos de marzo a junio. Si el promedio no está centrado, sino que se encuentra en un extremo, se puede pronosticar con mayor facilidad, aunque quizá se pierda cierta precisión.

Por lo tanto, si se quiere pronosticar para junio con un promedio móvil de cinco meses, puede tomarse el promedio de enero, febrero, marzo, abril y mayo. Cuando pase junio, el pronóstico para julio será el promedio de febrero, marzo, abril, mayo y junio.

Aunque es importante seleccionar el mejor periodo para el promedio móvil, existen varios efectos conflictivos de distintos periodos. Cuanto más largo sea el periodo del promedio móvil, más se uniformarán los elementos aleatorios (lo que será conveniente en muchos casos). Pero si existe una tendencia en los datos (ya sea a la alta o a la baja), el promedio móvil tiene la característica adversa de retrasar la tendencia. Por lo tanto, aunque un periodo más corto produce más oscilación, existe un seguimiento cercano de la tendencia. Por el contrario, un periodo más largo da una respuesta más uniforme, pero retrasa la tendencia.

La fórmula de un promedio móvil simple es:

Ecuación 11. *Promedio móvil simple*

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

Donde:

F_t = Pronóstico para el siguiente periodo

n = Número de periodos para promediar

A_{t-1} = Ocurrencia real en el periodo pasado

A_{t-2} , A_{t-3} y A_{t-n} = Ocurrencias reales hace dos periodos, hace tres periodos, y así sucesivamente, hasta hace n periodos

Promedio móvil simple; periodos de tres y nueve semanas

Tabla 8.

Pronóstico de la demanda

SEMANA	DEMANDA	3 SEMANAS	9 SEMANAS	SEMANA	DEMANDA	3 SEMANAS	9 SEMANAS
1	800			16	1700	2200	1811
2	1400			17	1800	2000	1800
3	1000			18	2200	1833	1811
4	1500	1067		19	1900	1900	1911
5	1500	1300		20	2400	1967	1933
6	1300	1333		21	2400	2167	2011
7	1800	1433		22	2600	2233	2111
8	1700	1533		23	2000	2467	2144
9	1300	1600		24	2500	2333	2111
10	1700	1600	1367	25	2600	2367	2167
11	1700	1567	1467	26	2200	2367	2267
12	1500	1567	1500	27	2200	2433	2311
13	2300	1633	1556	28	2500	2333	2311
14	2300	1833	1644	29	2400	2300	2378
15	2000	2033	1733	30	2100	2367	2378

Nota: Recuperado de Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009)

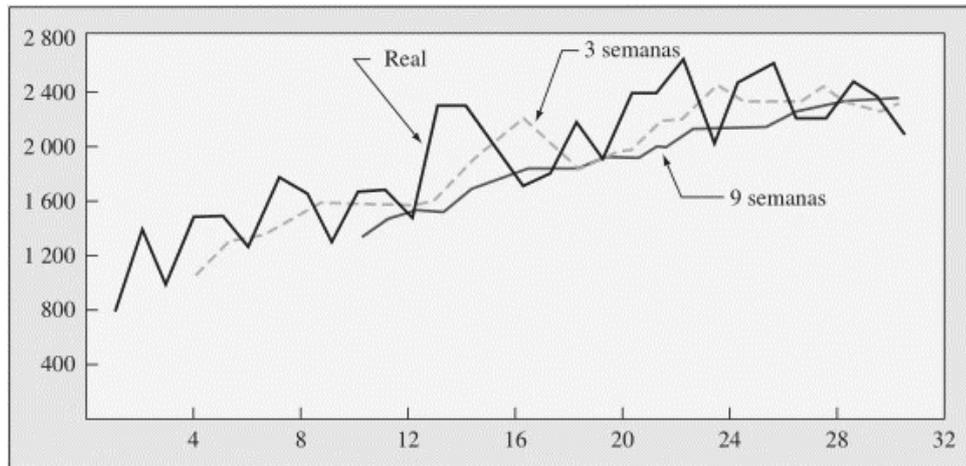


Figura 11. Pronóstico de promedio móvil contra demanda real. Recuperado de Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009)

En la gráfica se muestra los efectos de las distintas duraciones de un periodo de un promedio móvil. Se ve que la tendencia de crecimiento se nivela alrededor de la semana 23. El promedio de movimientos de tres semanas responde mejor al seguir este cambio que el promedio de nueve semanas, aunque en general, el promedio de nueve semanas es más uniforme.

1.3.28. Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP)

Para Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009) es un método lógico y fácil de entender para abordar el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir cada pieza final. MRP también proporciona un programa para especificar cuándo hay que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes.

MRP se basa en la demanda dependiente, la que es resultado de la demanda de artículos de nivel superior. Llantas, volantes y motores son piezas de demanda dependiente, basada en la demanda de automóviles.

Determinar el número de piezas de demanda dependiente que se necesitan es, básicamente, cuestión de multiplicar. Si una pieza A se hace con cinco piezas B, cinco piezas A requieren 25 piezas B. La diferencia básica de la demanda independiente cubierta en el capítulo anterior y la demanda dependiente que se estudia en este capítulo es la siguiente: si la pieza A se vende fuera de la empresa, no se sabe en cuánto se vende. Hay que elaborar un pronóstico con datos anteriores o hacer un análisis del mercado. La pieza A es una pieza independiente. En cambio, la pieza B es dependiente: su uso depende de la pieza A. El número de B que se necesita es el número de A por cinco. Como resultado de esta multiplicación, la necesidad de otras piezas de demanda independiente se vuelve más y más irregular conforme se avanza en la secuencia de la

elaboración de los productos. "Irregular" significa que las necesidades aumentan o disminuyen, en lugar de mostrar una dispersión uniforme. Esto obedece a la manera en que se hace la manufactura. Cuando se fabrica por lotes, las piezas necesarias para producirlos se sacan de inventario en cantidades (y quizá todas al mismo tiempo), y no de una en una.

1.3.29. Programa Maestro de Producción

En general, el programa maestro se ocupa de piezas finales y es un insumo importante del proceso de MRP. Pero si la pieza final es grande o cara, el programa podría organizar ensambles o componentes parciales.

Todos los sistemas de producción tienen capacidad y recursos limitados. Esto plantea un trabajo difícil para el programador maestro. Aunque el plan total proporciona un marco general operativo, el programador tiene que especificar exactamente qué se va a producir. Estas decisiones se toman al tiempo que se reacciona a las presiones de diversas áreas funcionales, como el departamento de ventas (cumplir el plazo prometido al cliente), finanzas (reducir al mínimo el inventario), administración (maximizar la productividad y el servicio a clientes, minimizar las necesidades de recursos) y manufactura (tener programas uniformes y minimizar los tiempos de preparación). Para determinar un programa viablemente aceptable que se ponga en marcha en la planta, se ejecutan programas de producción de prueba mediante un programa de MRP, que se describe en la sección siguiente. Las expediciones de pedidos (programas de producción detallados) se verifican para asegurarse de que se tienen los recursos y que los tiempos de terminación son razonables.

Un programa maestro que parece viable, puede resultar con que requiere demasiados recursos cuando se produce el auge del producto y se determinan las necesidades de materiales, piezas y componentes de niveles inferiores. En este caso (que es el caso general), el programa maestro de producción se modifica según estas limitaciones y el programa MRP vuelve a ejecutarse. Para asegurarse de tener un buen programa maestro, el programador (un ser humano) debe:

Incluir todas las demandas de venta del producto, resurtido de almacén, refacciones y necesidades entre las plantas.

- Nunca perder de vista el plan conjunto.
- Comprometerse con los pedidos prometidos al cliente.
- Ser visible en todos los niveles de la administración.
- Equilibrar objetivamente los conflictos de manufactura, marketing e ingeniería.
- Identificar y comunicar todos los problemas.

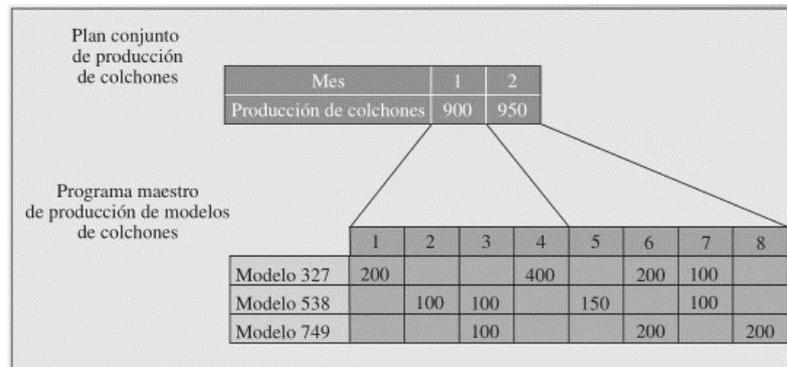


Figura 12. Plan conjunto y programa maestro de producción de colchones. Recuperado de Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009)

Según la figura, se muestra un plan conjunto del número total de colchones planeados para el mes, sin considerar el tipo de colchón. En la parte inferior se proporciona el programa maestro de producción en el que se especifica el tipo exacto de colchón y la cantidad planeada de producción por semana. El siguiente nivel inferior (que no se muestra) sería el sistema MRP que desarrolla programas detallados de cuándo se necesitan el relleno de algodón, resortes y madera para hacer los colchones.

El programa maestro de producción (MPS) es el plan con los tiempos desglosados que especifica cuántas piezas finales va a fabricar la empresa y cuándo. Por ejemplo, el plan conjunto de una compañía de muebles especificaría el volumen total de colchones que va a producir el siguiente mes o trimestre. El MPS da el siguiente paso e identifica el tamaño exacto de los colchones y su calidad y estilo. Los colchones que vende la compañía quedarían especificados en el MPS. El MPS también asienta, periodo a periodo (casi siempre semanal) cuántos colchones de estos tipos se necesitan y cuándo.

Si se avanza aún más en el proceso de desglose, se encuentra el sistema de MRP, que calcula y programa las materias primas, piezas y suministros necesarios para hacer los colchones especificados por el MPS.

1.3.30. Lista de Materiales

Para Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009) indican que la lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos y anota materiales, piezas y componentes, además de la secuencia en que se elaboran los productos. Esta BOM es uno de los principales elementos del programa MRP (los otros dos son el programa maestro y el archivo con los registros de inventarios).

El archivo con la BOM se llama también archivo de estructura del producto o árbol del producto, porque muestra cómo se arma un producto. Contiene la información para identificar cada artículo y la cantidad usada por unidad de la pieza de la que es parte. Para ilustrarlo, tómesese el producto A mostrado a continuación. El producto A se hace de dos unidades de la pieza B y tres unidades de la pieza C. La pieza B se hace de una unidad de la pieza D y cuatro unidades de la pieza E. La pieza C se hace de dos unidades de la pieza F, cinco unidades de la pieza G y cuatro unidades de la pieza H.

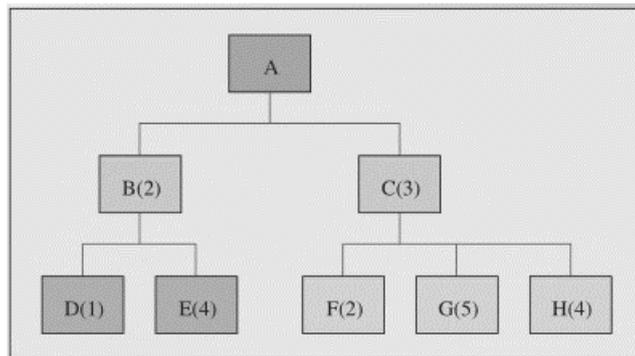


Figura 13. Lista de materiales (árbol estructural del producto) del producto A. Recuperado de Chase, Jacobs, Aquilano, Matus, Benítez y Muñoz (2009)

1.3.31. Planeación de Requerimientos de Materiales II (MRP II)

Según Jay y Barry (2009) la planeación de requerimientos de materiales II es una técnica extremadamente poderosa. Una vez que la empresa implementa la MRP, los datos del inventario pueden aumentarse con las horas de trabajo, el costo de los materiales (en lugar de la cantidad de material), el costo de capital o, prácticamente, con cualquier recurso. Por lo general, cuando la MRP se usa de esta manera, se le conoce como MRP II, y el término recursos suele sustituir al de requerimientos. Entonces, MRP significa planeación de recursos de materiales.

Por ejemplo, en el análisis de la MRP, hasta ahora hemos programado unidades (cantidades). Sin embargo, cada una de tales unidades demanda recursos además de sus componentes. Estos recursos adicionales incluyen horas de trabajo, horas-máquina y cuentas por pagar (efectivo). Cada uno de estos recursos se utiliza en un formato MRP tal como se usaron las cantidades.

1.3.32. La planificación de la capacidad de los recursos (CRP)

Pérez (2007) aclara que hasta el MRP hemos calculado la cantidad de productos que teníamos que fabricar durante cada periodo de tiempo, pero nunca nos hemos preguntado si teníamos personal, maquinaria e instalaciones suficientes para fabricarlos, por lo tanto, hemos supuesto que, independientemente del tamaño de la orden de producción que hay que lanzar, teníamos suficiente capacidad productiva para responder de ello y tener listo el lote en el plazo fijado. Hay que matizar esta afirmación. Los problemas de capacidad han sido considerados en parte dos veces: primero, durante la elaboración del plan maestro cuya supuesta factibilidad hace que haya que tener en cuenta, aunque de forma agregada y quizá sólo en relación con los recursos críticos, ciertas limitaciones de capacidad; segundo, en la definición de los plazos de fabricación, ya que éstos quedarán definidos teniendo en cuenta las posibles cargas de los centros de trabajo.

Al proceso que consiste en calcular las capacidades necesarias en los diferentes centros de trabajo para satisfacer las órdenes de fabricación y compararlas con las necesidades existentes lo llamaremos planificación de las necesidades de capacidad (CRP: Capacity Requirements Planning).

Por lo tanto, el CRP es una técnica que informa de las necesidades de capacidad asociadas a los pedidos de todos los artículos de la empresa planificados según el MRP; considerando ilimitada la disponibilidad de los recursos. La mecánica del proceso se realiza en cuatro pasos básicos:

- Determinación de la carga generada por todos los pedidos planificados en cada uno de los centros de trabajo.
- Periodificación de estas cargas asignadas a lo largo de los periodos de fabricación o suministro (lead time o periodos de entrega).
- Determinación de la capacidad necesaria por periodo en cada centro de trabajo.
- Comparación de la capacidad disponible con la necesaria y determinación de las desviaciones.

Hay muchos factores que pueden afectar a la capacidad productiva, y algunos pueden quedar bajo el control de los gestores del sistema, pero otros, no. Entre los controlables podemos considerar la mano de obra, la maquinaria, las herramientas, la subcontratación, las horas extras, el mantenimiento preventivo, los materiales, etc.

Entre los no controlables o menos controlables, podemos indicar la climatología, el absentismo laboral, los fallos de equipamiento, etc.

1.3.33. Mantenimiento

Según Palencia (2011) mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa.

A medida que transcurre el desarrollo tecnológico las instalaciones se vuelven cada vez más complejas y automatizadas, con grandes cadenas de producción, cuya parálisis representa grandes pérdidas económicas. La importancia del mantenimiento se deriva, por tanto, de la necesidad de contar con una estructura que permita restablecer rápidamente las condiciones de operación ideal, para reducir al mínimo las pérdidas de producción. Desde el punto de vista de la administración de mantenimiento industrial su principal fin es la conservación del servicio. Esto es, el equipo recibe mantenimiento para garantizar que la función que desempeña, dentro del sistema productivo se cumpla a cabalidad.

En términos económicos un eficiente mantenimiento significa:

- La protección y conservación de las inversiones
- La garantía de productividad
- La seguridad de un servicio.

Se debe aceptar que el mantenimiento efectivo de los activos es costoso, pero que más costoso aún es dejar de mantenerlos ya que si no se les da el correcto mantenimiento, en intervalos adecuados de tiempo, no es posible producir. Por todo lo anterior, se puede deducir que el objetivo general del mantenimiento es:

"Conservar en condiciones deseadas de operación los componentes del sistema productivo, con el mejor rendimiento posible y con costos compatibles".

Este postulado que básicamente incluye como aspectos constitutivos el técnico y el económico, se puede para su mejor comprensión subdividir en cuatro puntos claramente delimitados que constituyen los propósitos fundamentales del mantenimiento y son:

- Mantener los activos físicos en buenas condiciones operacionales.
- Sostener lo más bajo posible los costos de producción.
- Mantener los equipos productivos operando seguramente, durante un porcentaje óptimo de tiempo.
- Optimizar el desarrollo del Talento Humano.

La meta no debe ser la conservación propiamente dicha, sino el coincidir con las demás actividades de la empresa en la obtención de las más altas capacidades de producción; es decir, dirigir las acciones en la obtención del modelo óptimo de gestión de mantenimiento para cada componente del sistema productivo, a un costo mínimo.

Para el logro de lo anteriormente mencionado, todo plan que busque el mejoramiento de la función de mantenimiento debe contener.

- Establecimiento de objetivos
- Aplicación de fundamentos administrativos
- Sistemas de planeación y control
- Programas de mantenimiento concreto y efectivo
- Adecuado suministro de materiales y repuestos
- Apropiado control de costos y presupuestos, y
- Un sistema informativo sencillo y objetivo.

Se debe finalmente, considerar como objetivo de especial importancia, el hecho de crear dentro de todas las áreas de la empresa la conciencia de los beneficios del mantenimiento, no solo en el aumento de la vida útil de los activos y en el mejoramiento de la calidad de los productos, sino también en el aumento directo de la seguridad de los operarios, y de la protección del medio ambiente, que se deben considerar como los parámetros primordiales para medir la efectividad del sistema.

1.3.34. Mantenimiento Preventivo

Para Sacristán (2001) el Mantenimiento Preventivo consiste en un conjunto de operaciones que se realizan sobre las instalaciones, maquinaria y equipos de producción antes de que se haya producido un fallo, y su objetivo es evitar que se produzca dicho fallo o avería en pleno funcionamiento de la producción o del servicio que presta. Este tipo de mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programadas de forma sistemática, así como operaciones de cambio cíclico de piezas, conjuntos o reconstrucción- reparación de elementos de forma, asimismo, sistemática.

Para una correcta aplicación de este tipo de Mantenimiento Preventivo, hay que hacer previamente un estudio o estimación de la «vida» de los distintos elementos susceptibles de desgastes o que conducen a deterioros o disfuncionamientos de la máquina o grupo de máquinas consideradas como fase previa a la planificación de las operaciones y tipos de Mantenimiento Preventivo.

El Mantenimiento Preventivo ideal sería aquel que por un conocimiento completo de la «vida» de todas y cada una de las piezas que sufren desgastes, nos permitiese confeccionar un programa de intervención preventiva de re- posición de aquellas. De tal suerte que, cada pieza sería repuesta por una nueva antes de su desgaste total o rotura y, de esta forma, las averías desaparecerían totalmente.

1.3.35. Plan de Mantenimiento Preventivo

La gestión del Mantenimiento Preventivo desarrollado a través del Automantenimiento y el Mantenimiento Programado está basada en la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo único para cada equipo o instalación existentes.

Un Plan de Mantenimiento Preventivo se compone así de una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una máquina o instalación en términos de:

- Limpieza
- Control visita de inspección
- Engrase
- Intervenciones de profesionales de mantenimiento, etc

El Plan de Mantenimiento Preventivo permite tener una visión global y concreta de todas las acciones de preventivo previstas para una instalación determinada. Asimismo, nos permite hacer los enlaces esenciales entre los diferentes órganos o componentes de una máquina que deben cumplir con la misma función técnica, por lo que es un documento que nos permite considerar a una máquina como un conjunto de funciones que deben cumplir una misión dada y no como un conjunto de componentes, por lo que se planifican acciones de diferentes especialidades con las mismas funciones y con la misma frecuencia.

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en los costos operativos en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar cuál es el impacto de la propuesta de mejora en los costos operativos en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

1.5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C
- Desarrollar las metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial a utilizar en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C
- Determinar la variación de los costos operativos ligados a las pérdidas diagnosticadas y a las pérdidas luego de la propuesta de mejora en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C
- Realizar una evaluación económica y financiera de las propuestas de mejora planteadas en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

1.6. Hipótesis

La propuesta de mejora aplicada en el área de producción de cañerías reduce los costos operativos de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Por la orientación; investigación basada en ciencia formal y exacta.

Por el diseño; investigación diagnóstica y propositiva.

2.2. Procedimiento

Tabla 9.
Procedimiento

Fase del estudio	Fuente	Descripción	Recopilación de datos	Resultados esperados
Evaluación de la situación actual de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C.	Administrador Gerente Operarios antiguos	Ishikawa: Se elabora el diagrama de Ishikawa con el fin de identificar las causas raíz del problema.	Entrevista al encargado de producción, administrador y operarios antiguos.	Diagnóstico actual de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C.
Diseño de una propuesta de mejora para el área de producción de cañerías de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C.		Matriz de indicadores: Luego de identificar las causas raíz, se plasman en la matriz de indicadores estableciendo un indicador para cada causa raíz. Se desarrollan metodologías y se aplican las herramientas de la Ingeniería Industrial para la solución del problema.	Consulta a la bibliografía. Consulta a profesionales del sector.	Disminución de los costos operativos de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C.

Nota: Basado en la situación inicial de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.3. Diagnóstico de la realidad actual de la empresa

2.3.1. Descripción general de la empresa

Talleres Unidos Ingeniería E Inversiones S.A.C. es una empresa de capitales Trujillanos. Sus actividades se desarrollan en la industria metalmecánica, brindando siempre calidad, mejora continua y servicio post venta. El fortalecimiento de Talleres Unidos está basado en una amplia experiencia de más de cincuenta años.

Comprometida con satisfacer y garantizar sus productos y servicios, facilitando soluciones a sus clientes de los diferentes sectores industriales. Oferta servicios de metalmecánica, confección de cañerías para agua, aire y aceite para todo tipo de vehículos; servicio de rolado y doblado de perfiles en fierro, aluminio y acero inoxidable, etc. Así mismo se dedica a la fabricación de maquinarias, mantenimiento de plantas Industriales, proyectos Industriales, entre otros.

2.3.2. Misión

Somos una empresa con amplia experiencia en servicios de metalmecánica dedicada a los servicios de rolado, doblado de tubos, perfiles de fierro, acero inoxidable y aluminio, confección de cañerías para todo tipo de vehículos, cubriendo las necesidades de nuestros clientes con responsabilidad y garantía.

2.3.3. Visión

Ser la empresa líder en la libertad dedicada a los servicios de metalmecánica siendo reconocida por la calidad de nuestros productos y servicios que ofrecemos a nuestros clientes basados en la eficiencia y mejoramiento continuo, cumpliendo con altos estándares de seguridad.

2.3.4. Valores

Nuestros valores principales son: respeto, honestidad y responsabilidad, siendo lo más importante para un excelente trabajo, la comunicación, la creatividad y el trabajo en equipo, los cuales juegan un papel muy importante en la búsqueda de soluciones efectivas, tanto para la empresa como para todo su personal.

2.3.5. Localización

La empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería E Inversiones S.A.C. cuenta con una ubicación privilegiada, pues esta zona en una de las pocas donde se concentran la gran mayoría de proveedores para la industria metalmecánica de la ciudad y donde los clientes acuden con mayor

frecuencia, específicamente la empresa se encuentra ubicada en Av. Cesar Vallejo 943 Urb. Aranjuez – Trujillo - La Libertad.

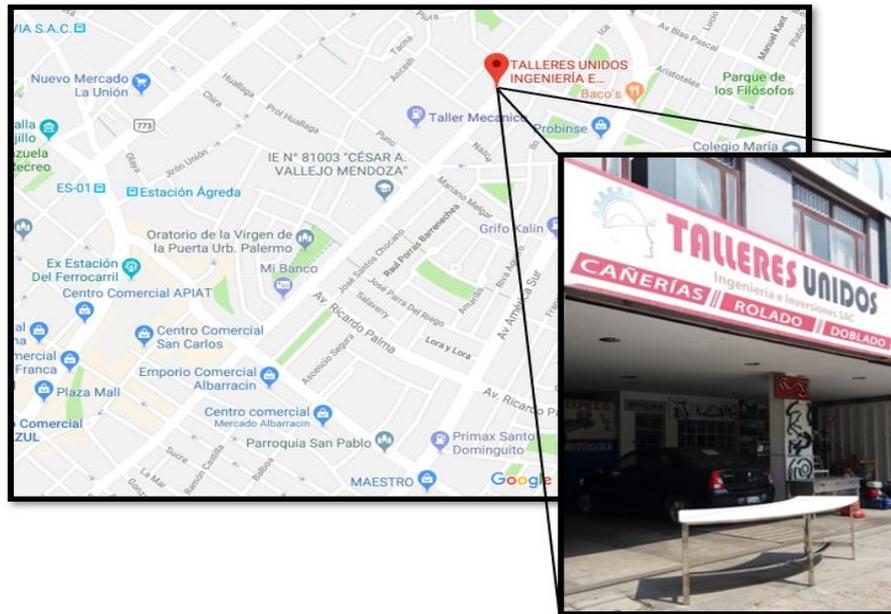


Figura 14. Ubicación de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C. Recuperado de Google Maps

2.3.6. Organigrama

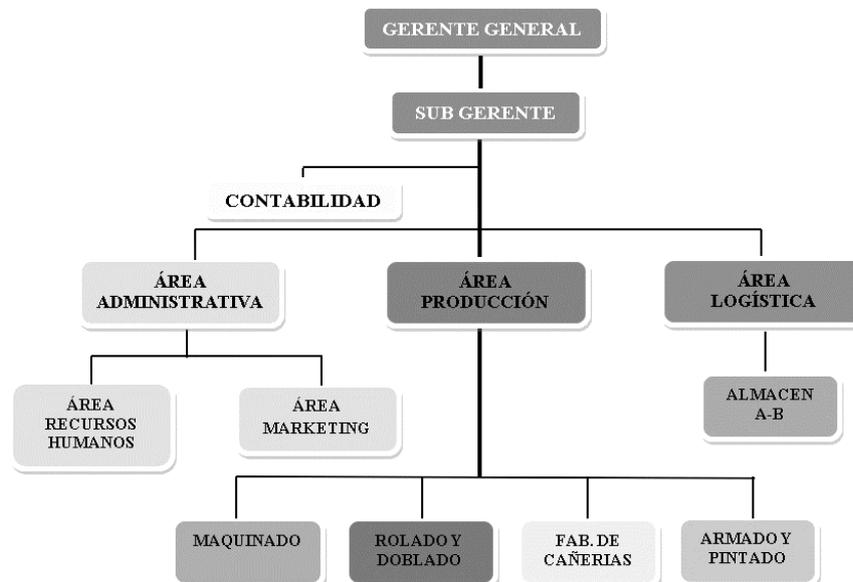


Figura 15. Organigrama de la empresa. Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.3.7. Diagrama de Operaciones (DOP)



Figura 16. Diagrama de operaciones. Basado en el proceso de fabricación de cañerías de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.3.8. Clientes

- EMPRESA NACIONAL DE PUERTOS SA
- CORPORACION PANASERVICE SAC
- MOLINO LA PERLA SAC
- INGENIEROS EN ACCION SRL
- CALINOR SAC
- AVICOLA YUGOSLAVIA SAC
- INGEMEC PERU SAC
- SERVICIOS Y FABRICACIONES METÁLICAS ACEVEDO SAC
- AGROINDUSTRIAS ALVEGSA SAC
- CONSTRUCTORES Y CONSULTORES AREL SAC
- INVERSIONES MECÁNICAS SRL
- CONSTRUCCIONES METALICAS EL PROTECTOR EIRL
- VAVALD CONTRATISTAS GENERALES SAC
- CORPORACION Y NEGOCIOS DUAL SAC
- PRESA DE TRANSPORTE LOS GARCIA SRL
- RESERGEN SUYAL CAR SAC
- ETRAL SAC
- ACOSTA COMBUSTIBLES SAC
- FAMECA SAC
- CORPORACIÓN PESQUERA INCA SAC
- CFG INVESTMENT SAC
- MMC PERU SAC

2.3.9. Proveedores

- 3.A. AMSEQ S.A
- METALMARK
- ACEROS CHAVEZ
- FERRETERÍA INDUSTRIAL KOU
- COMERCIAL JEHOVA ES MI PROVEEDOR E.I.R.L.
- INVERSIONES ALAN

2.3.10. Competidores

- JUVISA INGENIEROS S.A.C.
- INGENIEROS EN ACCION SRL
- PROMET EIRL
- FACTORÍA SÁNCHEZ S.A.C
- ROMER INDUSTRIAL

2.3.11. Productos

Confección de Cañerías para:

- Autos
- Camionetas
- Camiones.
- Volquetes.
- Cisternas.
- Maquinaria pesada.
- Embarcaciones.
- Comprensoras.
- Calefacción y aire acondicionado, etc.

2.3.12. Servicios

Rolado y doblado en fierro y acero Inoxidable de:

- Tubos redondos, cuadrados y rectangulares.
- Ángulos.
- Perfiles: En "T", en "U" y en "C"
- Platinas.
- Planchas.
- Canaletas.
- Cilindros.
- Conos, etc.

2.3.13. Maquinaria y equipos

Tabla 10.

Máquina tronzadora

				CODIGO DE MAQUINA	MA.TRON.DEW
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA					
NOMBRE DE MAQUINA	MAQUINA TRONZADORA				
UBICACIÓN /ZONA	FAB. DE CAÑERIAS				
RESPONSABLE	0				
MARCA	DEWATL				
MODELO	0	Nº SERIE	383457		
POTENCIA ELÉCTRICA	220V/50/60HZ				
PROCEDENCIA	CHINA				
AÑO DE COMPRA	0	CONDICIÓN	OPERATIVA		



Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 11.

Amoladora angular

				CODIGO DE MAQUINA	AMOL.ANG.BOSCH
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA					
NOMBRE DE MAQUINA	AMOLADORA ANGULAR				
UBICACIÓN /ZONA	FAB. DE CAÑERIAS				
RESPONSABLE	0				
MARCA	BOSCH				
MODELO	PROFESSIONAL	Nº SERIE	GWS11-125P		
POTENCIA ELÉCTRICA	220-240V 50/60HZ 5.2A 1100W				
PROCEDENCIA	ALEMANIA				
AÑO DE COMPRA	2017	CONDICIÓN	OPERATIVA		



Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 12.

Torno

				CODIGO DE MAQUINA	TOR1.CHI
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA					
NOMBRE DE MAQUINA	TORN0 DE 1000 X 500 MM				
UBICACIÓN /ZONA	MAQUINADO Y MANTENIMIENTO				
RESPONSABLE	0				
MARCA	MACHINERY WORKS				
MODELO	META LATHER	Nº SERIE	44383		
POTENCIA ELÉCTRICA	220V				
PROCEDENCIA	0				
AÑO DE COMPRA	0	CONDICIÓN	OPERATIVO		



Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 13.

Máquina de soldar

				CODIGO DE MAQUINA	MA.SOL1
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA					
NOMBRE DE MAQUINA	MAQUINA DE SOLDAR ELECTRICA TRIFÁSICA				
UBICACIÓN /ZONA	FABRICACIÓN DE CAÑERÍAS				
RESPONSABLE	0				
MARCA	SOLANDINAS				
MODELO	REEODC	Nº SERIE	J-08-11108		
POTENCIA ELÉCTRICA	220V, 380, 440V, 60HZ 300A				
PROCEDENCIA	PERÚ				
AÑO DE COMPRA	2004	CONDICIÓN	OPERATIVA		



Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 14.

Taladro de columna

				CODIGO DE MAQUINA	TA1.CO. DEL	
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA						
NOMBRE DE MAQUINA	TALADRO DE COLUMNA					
UBICACIÓN /ZONA	FABRICACIÓN DE CAÑERÍAS					
RESPONSABLE	0					
MARCA	DELCROSA					
MODELO	0	Nº SERIE	130897182			
POTENCIA ELÉCTRICA	220/440V					
PROCEDENCIA	BRASIL					
AÑO DE COMPRA	0	CONDICIÓN	OPERATIVO			

Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 15.

Dobladora de tubos manual

				CODIGO DE MAQUINA	DO.T. MA	
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA						
NOMBRE DE MAQUINA	DOBLADORA DE TUBOS MANUAL					
UBICACIÓN /ZONA	FABRICACION DE CAÑERIAS					
RESPONSABLE	0					
MARCA	MICHELL					
MODELO	0	Nº SERIE	0			
POTENCIA ELÉCTRICA	0					
PROCEDENCIA	0					
AÑO DE COMPRA	0	CONDICIÓN	OPERATIVA			

Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 16.

Compresora

		CODIGO DE MAQUINA	COM.IN.G1
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA			
NOMBRE DE MAQUINA	COMPRESORA GRANDE INDURA		
UBICACIÓN /ZONA	ALMACEN MAQUINARIA Y EQUIPOS DE USO ESPORÁDICO		
RESPONSABLE	0		
MARCA	INDURA CONDOR (ALEMANA) MDR3		
MODELO	0	Nº SERIE	29231007
POTENCIA ELÉCTRICA	V200L TRI 220 380V 108A 3479RPM 30Hz PS11BAR		
PROCEDENCIA	CHILE Nº30082		
AÑO DE COMPRA	0	CONDICIÓN	OPERATIVA



Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 17.

Esmeril

		CODIGO DE MAQUINA	ES3.HE
DATOS COMERCIALES DE LA MÁQUINA			
NOMBRE DE MAQUINA	ESMERIL		
UBICACIÓN /ZONA	FABRICACION DE CAÑERIAS		
RESPONSABLE	0		
MARCA	HECHIZO		
MODELO	0	Nº SERIE	0
POTENCIA ELÉCTRICA	0		
PROCEDENCIA	0		
AÑO DE COMPRA	0	CONDICIÓN	OPERATIVA



Nota: Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.4. Diagnóstico el área problemática:

El área de producción de cañerías de refrigeración de La empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C. incurre en altos costos operativos los cuales afectan de manera directa a la rentabilidad de la empresa, trayendo consigo incumplimiento con los clientes, mala calidad en los productos, desabastecimiento, entre otros. Todo esto provoca la insatisfacción y reducción de los clientes y por ende más pérdidas económicas para los dueños.

Esto se debe a las siguientes causas raíz:

Tabla 18.

Causas raíz

N° CR	DESCRIPCIÓN
CR1	NO SE CUENTA CON UN PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES
CR2	INEXISTENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
CR3	MALA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA
CR4	FALTA DE CONTROL Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
CR5	FALTA DE CAPACITACIÓN DE TRABAJADORES

Nota: Basado en la situación inicial de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.5. Identificación de los indicadores:

Para lograr identificar los indicadores para cada causa raíz se realiza una evaluación donde se consideran las cinco causas raíz que se encontraron.

Cada causa raíz será analizada mediante indicadores, de tal forma que se proponga las herramientas de mejora más idóneas que se van a aplicar para dar solución a cada una.

Tabla 19.

Indicadores de las causas raíz.

N° CR	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	FÓRMULA	VALOR ACTUAL
CR1	NO SE CUENTA CON UN PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES	% DE REQUERIMIENTO EFECTIVO DE MATERIALES	(N° DE REQUERIMIENTOS GENERADOS EXITOSAMENTE/TOTAL REQUERIMIENTOS)*100	0%
CR2	INEXISTENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	% DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL MES	(N° DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS AL MES/TOTAL DÍAS AL MES)*100	0%
CR3	MALA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	ÍNDICE DE TIEMPO DE RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO POR CADA UNIDAD PRODUCIDA	18.33 mins
CR4	FALTA DE CONTROL Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	% DE PRODUCCIÓN PLANIFICADA	(PRODUCCIÓN PLANIFICADA/TOTAL DE PRODUCCIÓN)*100	0%
CR5	FALTA DE CAPACITACIÓN DE TRABAJADORES	% DE TRABAJADORES CAPACITADOS	(TRABAJADORES CAPACITADOS/TOTAL DE TRABAJADORES)*100	0%

Nota: Basado en la situación inicial de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.6. Estimación de Pérdidas

CR1: No se cuenta con un Plan de Requerimiento de Materiales Y CR4: Falta de Control y Planificación de la Producción:

La materia prima como uno de los recursos más importantes en el proceso productivo de una empresa al no contar su ideal planificación de pedidos provoca las paradas de producción y el incumplimiento de productos por entregar traduciéndose a ingresos perdidos.

De igual manera que no tener un control de la producción y sus recursos y capacidades necesarias para cumplir con la producción igual o más importante que la planificación de materiales, pues si no se cuenta con la capacidad de producción necesaria, no servirá de mucho tener la suficiente materia prima.

Las pérdidas a lo largo de un año por esta causa raíz resultaron un total de S/ 12,519.00 con un total de 107 productos que no fueron entregados al cliente. Se calcularon multiplicando el precio de venta promedio de las cañerías por la cantidad de productos que no fueron entregados.

Tabla 20.

Pérdida anual por productos no entregados

MESES	P. V. PROMEDIO	CANT. PRODUCTOS NO ENTREGADOS AL MES	INGRESOS NO PERCIBIDOS
Marzo,2018	S/ 117.00	6	S/ 702.00
Abril,2018	S/ 117.00	5	S/ 585.00
Mayo,2018	S/ 117.00	4	S/ 468.00
Junio,2018	S/ 117.00	7	S/ 819.00
Julio,2018	S/ 117.00	6	S/ 702.00
Agosto,2018	S/ 117.00	8	S/ 936.00
Setiembre,2018	S/ 117.00	8	S/ 936.00
Octubre,2018	S/ 117.00	9	S/ 1,053.00
Noviembre,2018	S/ 117.00	8	S/ 936.00
Diciembre,2018	S/ 117.00	11	S/ 1,287.00
Enero,2019	S/ 117.00	10	S/ 1,170.00
Febrero,2019	S/ 117.00	12	S/ 1,404.00
Marzo,2019	S/ 117.00	13	S/ 1,521.00
TOTAL		107	S/ 12,519.00

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

CR2: Inexistencia de Mantenimiento Preventivo:

Existen averías de maquinaria que provocan paradas de producción no programadas para su reparación dejando productos en espera y muchas veces pedidos incumplidos. Esta perdida se puede cuantificar mediante el lucro cesante (S/ 702.00) que se interpreta como lo que pudo haber ganado si en lugar de existir paradas de producción no programadas, se hubiese trabajado y producido.

Se tiene un registro del mes anterior de las paradas por reparaciones, el tiempo que se pierde y el costo que implica la nueva puesta en marcha de la máquina (S/ 610.00) que incluye repuestos y mano de obra para su reparación.

Tabla 21.

Costo mensual por reparaciones

MÁQUINA Y REPARACIONES	COSTO x REPARACIÓN		CANT. DE REP. x MES	TIEMPO DE REPARACIÓN x MES (HRS)	COSTO DE REPARACIONES	
TRONZADORA					S/	91.00
CAMBIO DE CONECTORES	S/	38.00	1	0.5	S/	38.00
SOLDADO DE GUARDA	S/	20.00	1	0.6	S/	20.00
RECONSTRUCCIÓN DE BASE	S/	33.00	1	0.5	S/	33.00
MÁQUINA DE SOLDAR					S/	143.00
EXTRACCIÓN DEL MOTOR Y REBOBINADO	S/	70.00	1	1	S/	70.00
CAMBIO DE LLAVE TÉRMICA	S/	38.00	1	0.9	S/	38.00
CAMBIO DE INTERRUPTOR DE POLARIDAD	S/	35.00	1	0.5	S/	35.00
AMOLADORA ANGULAR					S/	70.00
CAMBIO DE CARBONOS	S/	30.00	1	0.6	S/	30.00
CAMBIO DE CABLE	S/	10.00	1	0.5	S/	10.00
LIMPIEZA INTERNA	S/	15.00	2	0.5	S/	30.00
TALADRO DE COLUMNA					S/	91.00
RECONEXIÓN DE CONECTOR DESPRENDIDO	S/	25.00	1	0.7	S/	25.00
CAMBIO DE FAJA	S/	23.00	2	0.6	S/	46.00
CALIBRACIÓN DE EJE	S/	20.00	1	0.3	S/	20.00
TORNO					S/	45.00
CAMBIO DE LLAVES TÉRMICAS	S/	45.00	1	0.4	S/	45.00
DOBLADORA HIDRÁULICA					S/	62.00
CAMBIO DE RETÉN	S/	25.00	1	0.6	S/	25.00
CALIBRACIÓN DEL VÁSTAGO	S/	37.00	1	0.6	S/	37.00
COMPRESORA					S/	42.00
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE	S/	12.00	1	0.4	S/	12.00
CAMBIO DE ACEITE	S/	8.00	2	0.5	S/	16.00
EXTRACCIÓN DE REMANENTE DEL CALDERÍN	S/	7.00	2	0.3	S/	14.00
ESMERIL					S/	66.00
CAMBIO DE RODAMIENTOS	S/	27.00	1	0.8	S/	27.00
REEMPLAZO DE EJE	S/	19.00	1	0.6	S/	19.00
CAMBIO DE CHAVETAS	S/	5.00	4	0.2	S/	20.00
TOTAL				11.6	S/	610.00

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 22.

Pérdidas totales al año por reparaciones

Descripción	Cantidad
TOTAL PRODUCIDO EN MARZO 2019	92 cañerías
Días disponibles al mes	26
Horas disponibles al día	8
Horas disponibles al mes	208
Horas productivas al mes (90%)	187.2
Tiempo Real	2.0 horas/cañería
Costo por dejar de producir	
Horas improductivas al mes	11.60
Producción perdida	6 cañerías/mes
Costo de lucro cesante	S/. 702.00 /mes
PÉRDIDAS TOTALES	S/ 1,312.00 mes
	S/ 15,744.00 año

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

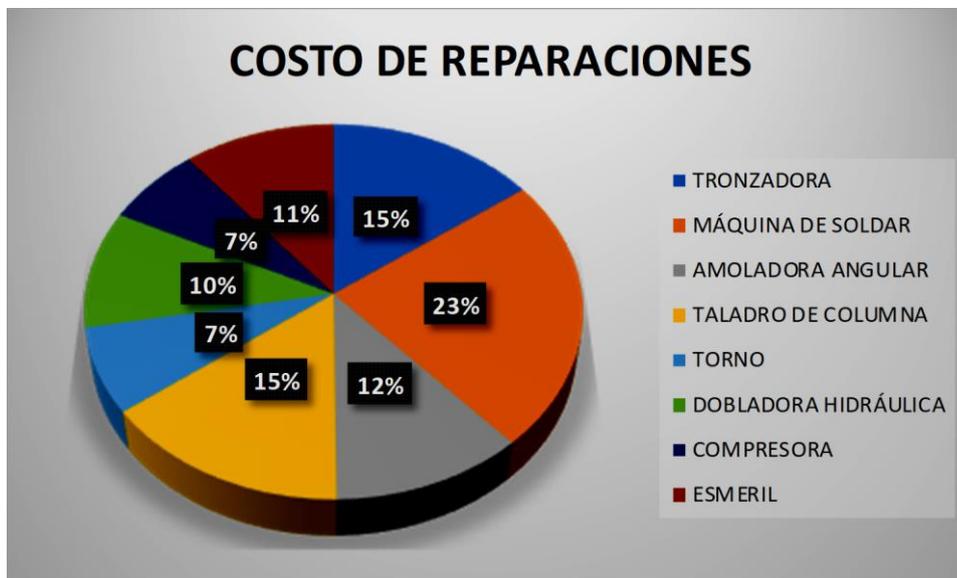


Figura 17. Participación de cada máquina en el costo por reparaciones. Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

CR3: Mala Distribución de Planta:

La maquinaria se vuelve un problema cuando ocupa más del espacio necesario y no está estratégicamente ubicada para hacer las labores de una manera más rápida, en el caso de la empresa los trabajadores hacen recorridos innecesarios que al final del día o del mes suman una gran cantidad de tiempo que se paga sin obtener productividad a cambio.

Las pérdidas por esta causa raíz se calculó en base al sueldo por hora de los operarios involucrados multiplicado por el 30% del tiempo desperdiciado en traslados (S/ 320.78) y los productos que se hubiesen producido si los traslados innecesarios no se hubiesen dado (S/ 468.00).

Tabla 23.

Gasto improductivo por transportes innecesarios

OPERARIO	SUELDO	COSTO x DÍA	COSTO x HORA	TEMPO (Hr) DESPERD. x MES	GASTO IMPRODUCTIVO
Maestro	S/ 1,500.00	S/ 50.00	S/ 6.25	22.00	S/ 137.48
Ayudante 01	S/ 1,000.00	S/ 33.33	S/ 4.17	22.00	S/ 91.65
Ayudante 02	S/ 1,000.00	S/ 33.33	S/ 4.17	22.00	S/ 91.65
TOTAL					S/ 320.78

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

El tiempo de traslado inicial resulta ser de 18.33 minutos con una distancia total de 82.40 metros y un total de 4 cañerías que se dejaron de producir por el excesivo tiempo que se invierte en traslados,

Tabla 24.

Tiempos y distancias iniciales del proceso de producción

Procesos	Tiempo de traslado (min)	Distancia recorrida (m)	Tiempo producción (min/pza)
Cortado 1	1.48	9.3	3
Esmerilado 1	2.10	10.6	1.5
Doblado	1.58	7.9	15.3
Taladrado 1	1.55	5.2	3.2
Cortado 2	1.67	9.4	1.3
Torneado	1.53	4.3	13.3
Cortado 3	1.57	5.8	7.4
Taladrado 2	1.55	5.2	2.7
Esmerilado 2	1.86	10.6	1.3
Soldado	1.9	10.5	22.3
Pintado	1.54	3.6	4.1
TOTAL	18.33	82.40	75.40

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 25.

Piezas que se deja de producir

Procesos	Piezas que deja de producir
Cortado 1	0
Esmerilado 1	1
Doblado	0
Taladrado 1	0
Cortado 2	1
Torneado	0
Cortado 3	0
Taladrado 2	1
Esmerilado 2	1
Soldado	0
Pintado	0
TOTAL	4

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 26.

Pérdida por piezas que se deja de producir

Descripción	Cant.
Tiempo traslado (hr)	0.31
Tiempo producción (hr)	1.26
Piezas que deja de producir	4
P. V. PROMEDIO	S/. 117.00
Pérdida	S/. 468.00

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

En la siguiente figura se muestra el estado inicial de la distribución de la maquinaria ocupando un área total de 115 metros cuadrados aproximadamente, así como el recorrido de producción en el área de fabricación de cañerías de refrigeración en la empresa Talleres Unidos Ingeniería e inversiones S.A.C

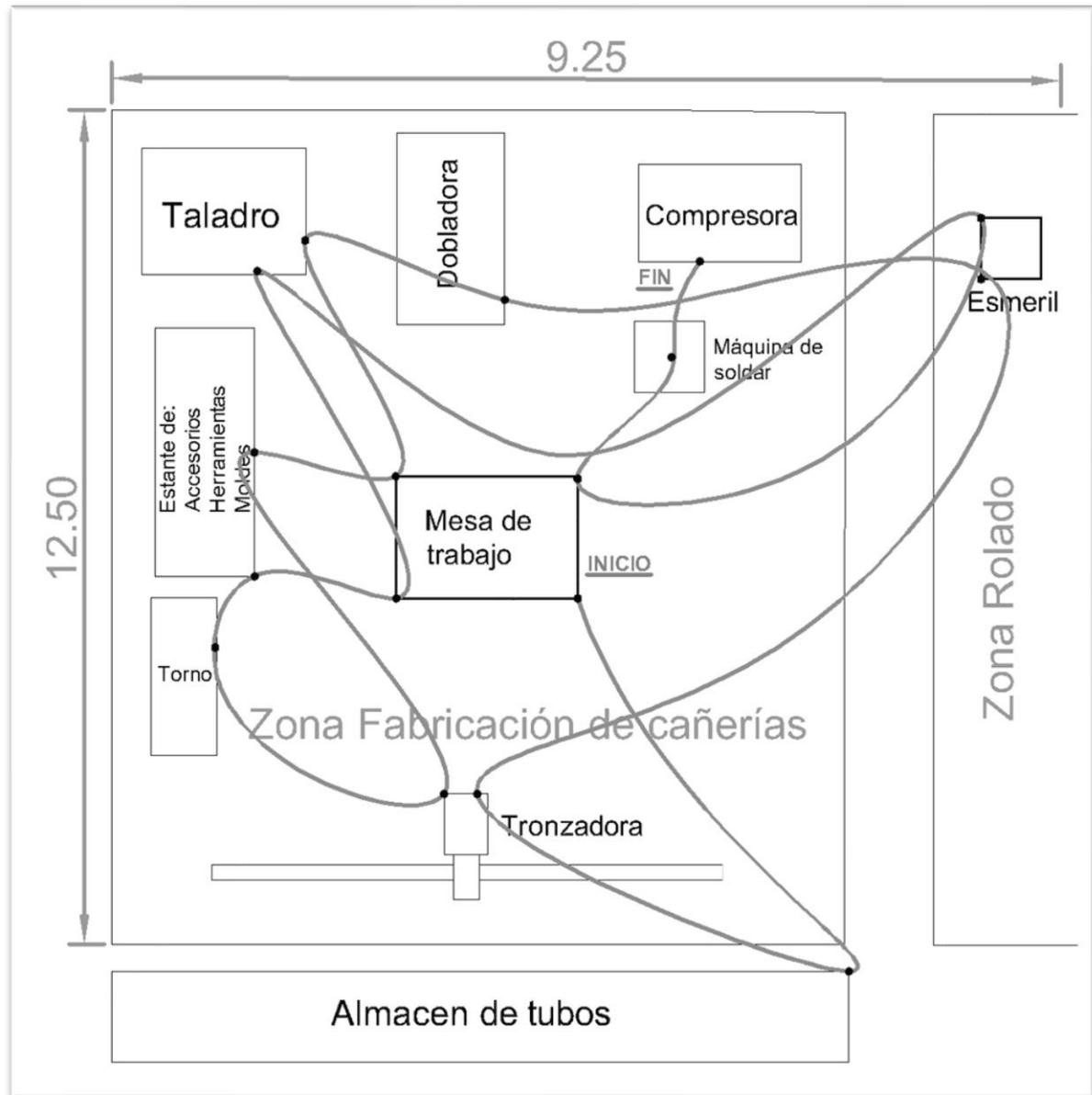


Figura 18. Recorrido inicial y distribución de maquinaria. Basado en la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

CR5: Falta Capacitación de Trabajadores:

Otro costo operativo viene a ser los productos que se deben reprocesar por problemas en las especificaciones como pueden ser el mal terminado en la soldadura, pintura y medidas incorrectas.

El factor común que origina la mayoría de estos problemas viene a ser la inexperiencia y poco conocimiento de los trabajadores en la industria metalmeccánica.

Las pérdidas anuales hicieron un total de S/ 6,084.00 con 208 reprocesos durante el periodo y se cuantificaron multiplicando la cantidad de reprocesos en cada mes por el 25% del precio de venta del producto que representa el costo por reproceso

Tabla 27.

Pérdida anual por reprocesos

HISTÓRICO DE VENTAS	P. V. PROMEDIO	%COSTO REPROCESO	CANTIDAD DE REPROCESO	COSTO x REPROCESO
Marzo,2018	S/ 117.00	0.25	13	S/ 380.25
Abril,2018	S/ 117.00	0.25	11	S/ 321.75
Mayo,2018	S/ 117.00	0.25	12	S/ 351.00
Junio,2018	S/ 117.00	0.25	12	S/ 351.00
Julio,2018	S/ 117.00	0.25	17	S/ 497.25
Agosto,2018	S/ 117.00	0.25	12	S/ 351.00
Setiembre,2018	S/ 117.00	0.25	16	S/ 468.00
Octubre,2018	S/ 117.00	0.25	20	S/ 585.00
Noviembre,2018	S/ 117.00	0.25	18	S/ 526.50
Diciembre,2018	S/ 117.00	0.25	16	S/ 468.00
Enero,2019	S/ 117.00	0.25	20	S/ 585.00
Febrero,2019	S/ 117.00	0.25	21	S/ 614.25
Marzo,2019	S/ 117.00	0.25	20	S/ 585.00
TOTAL			208	S/ 6,084.00

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.7. Identificación de los indicadores:

Tabla 28.

Identificación de los indicadores

N° CR	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	FÓRMULA	VALOR ACTUAL	PÉRDIDAS INICIALES	VALOR META	HERRAMIENTAS DE MEJORA
CR1	NO SE CUENTA CON UN PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES	% DE REQUERIMIENTO EFECTIVO DE MATERIALES	(N° DE REQUERIMEINTOS GENERADOS EXITOSAMENTE/TOTAL REQUERIMIENTOS)*100	0%	S/	12,519.00	80% MRP II
CR2	INEXISTENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	% DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL MES	(N° DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS AL MES/TOTAL DÍAS AL MES)*100	0%	S/	15,744.00	80% PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
CR3	MALA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	ÍNDICE DE TIEMPO DE RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO POR CADA UNIDAD PRODUCIDA	18.33 min	S/	9,465.30	6 min MÉTODO GUERCHET
CR4	FALTA DE CONTROL Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	% DE PRODUCCIÓN PLANIFICADA	(PRODUCCIÓN PLANIFICADA/TOTAL DE PRODUCCIÓN)*100	0%	S/	12,519.00	80% MRP II
CR5	FALTA DE CAPACITACIÓN DE TRABAJADORES	% DE TRABAJADORES CAPACITADOS	(TRABAJADORES CAPACITADOS/TOTAL DE TRABAJADORES)*100	0%	S/	6,084.00	80% PLAN DE CAPACITACIÓN
TOTAL					S/	43,812.30	

Nota: Basado en el estado inicial de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

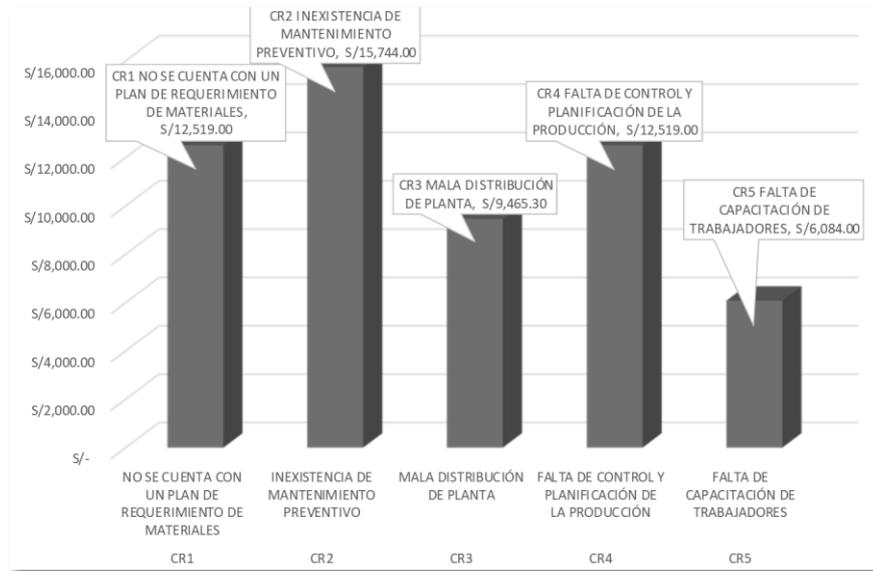


Figura 19. Pérdidas iniciales de cada causa raíz. Basado en Tabla 28



Figura 20. Participación de cada causa raíz en las pérdidas totales. Basado en tabla 28

2.8. Solución Propuesta:

2.8.1. MRP II

Para dar solución a CR1 (No se cuenta con un Plan de Requerimiento de Materiales) y a la CR4 (Falta de Control y Planificación de la Producción).

Estas dos causas raíz conllevan a una misma solución el MRPII donde abarcará al abastecimiento de materiales como a la planificación de la producción. Eliminando o disminuyendo a lo menor posible los pedidos sin entregar por falta de materia prima, los cálculos de materiales a pedir y en el tiempo indicado, así como también la capacidad necesaria para cumplir con lo programado.

Se tomará como referencia las cañerías marca Suzuki Celerio por ser las que tienen el mayor ingreso para la empresa y un mayor porcentaje de devoluciones y reclamos.

Para ello se necesita la demanda histórica de los tres últimos meses y así realizar el proyectado de ventas para los posteriores meses.

Tabla 29.

Demanda histórica de ventas de las cañerías Suzuki Celerio

MES	CANT. VENDIDA (PZA)
Marzo,2018	88
Abril,2018	86
Mayo,2018	77
Junio,2018	78
Julio,2018	74
Agosto,2018	77
Setiembre,2018	80
Octubre,2018	84
Noviembre,2018	80
Diciembre,2018	79
Enero,2019	75
Febrero,2019	70
Marzo,2019	77

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 30.

Pronóstico de ventas respecto a 3 periodos

n	Meses	Demanda Real	Pronóstico (pza)	Error de Pronóstico	Error Acumulado	Error Absoluto	Error Absoluto Acumulado	MAD (Desviación absoluta media)	Señal de Rastreo
	Marzo,2018	88							
	Abril,2018	86							
	Mayo,2018	77							
1	Junio,2018	78	84	-5.67	-5.67	5.67	5.67	5.67	-1.00
2	Julio,2018	74	80	-6.33	-12.00	6.33	12.00	6.00	-2.00
3	Agosto,2018	77	76	0.67	-11.33	0.67	12.67	4.22	-2.68
4	Setiembre,2018	80	76	3.67	-7.67	3.67	16.33	4.08	-1.88
5	Octubre,2018	84	77	7.00	-0.67	7.00	23.33	4.67	-0.14
6	Noviembre,2018	80	80	-0.33	-1.00	0.33	23.67	3.94	-0.25
7	Diciembre,2018	79	81	-2.33	-3.33	2.33	26.00	3.71	-0.90
8	Enero,2019	75	81	-6.00	-9.33	6.00	32.00	4.00	-2.33
9	Febrero,2019	70	78	-8.00	-17.33	8.00	40.00	4.44	-3.90
10	Marzo,2019	77	75	2.33	-15.00	2.33	42.33	4.23	-3.54

Nota: Basado en Tabla 29

Con los datos históricos se proyectó para los 4 meses posteriores:

Tabla 31.

Ventas pronosticadas a 4 meses

MES	PRONÓSTICO (PZA)
1°	84
2°	80
3°	76
4°	76

Nota: Basado en Tabla 30

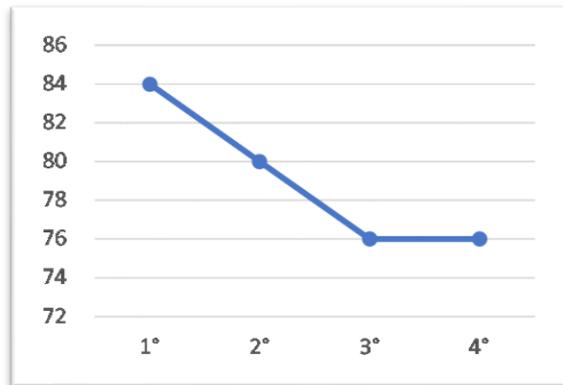


Figura 21. Ventas pronosticadas a 4 meses. Basado en Tabla 31

Luego de obtener los resultados del pronóstico mensual se procedió con el desarrollo del plan maestro de producción para las cañerías se manera semanal:

Tabla 32.

Plan maestro de producción

MES	1°				2°				3°				4°			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cant.	23	19	21	21	20	21	19	20	19	21	18	18	19	20	18	19
PRONÓSTICO	84				80				76				76			

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Posteriormente conocemos la lista de materiales (BOM), donde encontramos la descripción completa de todos los componentes y materiales del producto a estudiar.

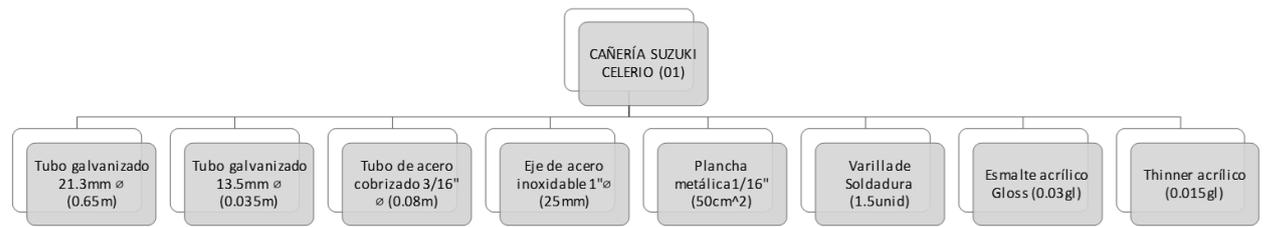


Figura 22. Lista de materiales. Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Luego se calcula la cantidad necesaria de materiales que se requieren para cada unidad producida (01 cañería Suzuki Celerio)

Tabla 33.

Lista de materiales detallada

SKU 1	CAÑERÍA	UM	CANT.	PESO (KG)
Comp 1	Tubo galvanizado 21.3mm ø	m	0.65	1.2
Comp 2	Tubo galvanizado 13.5mm ø	m	0.035	0.05
Comp 3	Tubo de acero cobrizado 3/16" ø	m	0.12	0.02
Comp 4	Eje de acero inoxidable 1" ø	mm	33	0.2
Comp 5	Plancha metálica 1/16"	cm^2	300	0.1
Comp 6	Varilla de Soldadura	unid	1.5	0.01
Comp 7	Esmalte acrílico Gloss	gl	0.06	0.01
Comp 8	Thinner acrílico	gl	0.03	0.01
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1	1.60

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

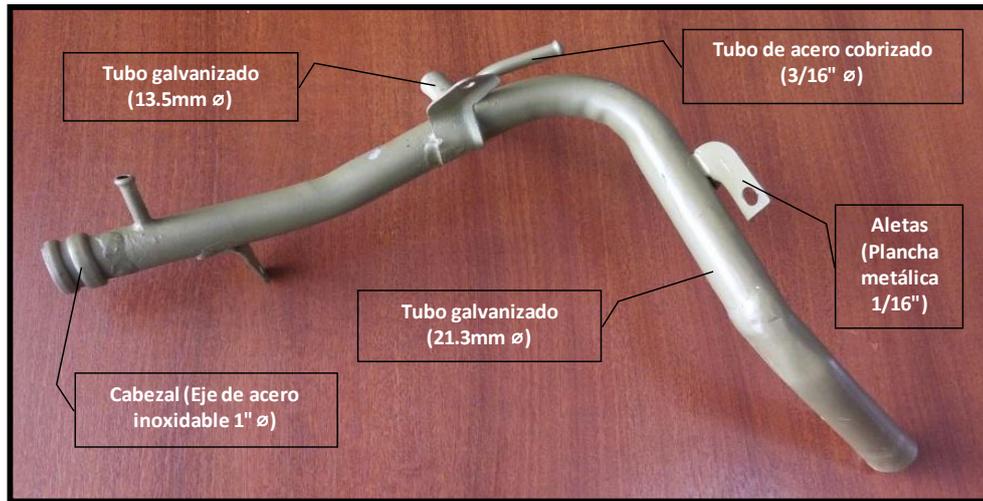


Figura 23. Componentes de una cañería Suzuki Celerio. Recuperado de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

El siguiente paso consiste en conocer el archivo maestro de inventario donde se encuentran el stock disponible, tamaño de lote, stock de seguridad y tiempo de espera de cada uno de los componentes.

Tabla 34.

Archivo maestro de inventario

Código	Materiales	UM	TIPO	Stock disp..	Tamaño del lote	Plazo (SEM)	SS
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	SKU	17	LxL	0	14
COMP 1	Tubo galvanizado 21.3mm ø	m	COMP	1.5	6	1	2
COMP 2	Tubo galvanizado 13.5mm ø	m	COMP	0.5	6	1	2
COMP 3	Tubo de acero cobrizado 3/16" ø	m	COMP	0.3	LxL	1	0.8
COMP 4	Eje de acero inoxidable 1"ø	mm	COMP	100	LxL	0	250
COMP 5	Plancha metálica 1/16"	cm^2	COMP	1500	LxL	0	4000
COMP 6	Varilla de Soldadura	unid	COMP	12	LxL	0	25
COMP 7	Esmalte acrílico Gloss	gl	COMP	0.8	LxL	0	1
COMP 8	Thinner acrílico	gl	COMP	0.3	LxL	0	1

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Con los datos disponibles, se procede al desarrollo de la matriz MRP para obtener la tabla de lanzamiento de ordenes (Ver Anexo n.º 04)

El resumen de cada semana de lanzamiento de órdenes del MRP se presenta en las ordenes de aprovisionamiento

Tabla 35.

Tabla de lanzamiento de órdenes

Código	Descripción	UM	SEMANAS																
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SKU1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	0	10	19	21	21	20	21	19	20	19	21	18	18	19	20	18	19
COMP 1	Tubo galvanizado 21.3mm ø	m	18	12	18	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0
COMP 2	Tubo galvanizado 13.5mm ø	m	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
COMP 3	Tubo de acero cobrizado 3/16" ø	m	3.3	2.3	2.6	2.6	2.4	2.6	2.3	2.4	2.3	2.6	2.2	2.2	2.3	2.4	2.2	2.3	0
COMP 4	Eje de acero inoxidable 1"ø	mm	0	909	627	693	693	660	693	627	660	627	693	594	594	627	660	594	627
COMP 5	Plancha metálica	cm^2	0	9400	5700	6300	6300	6000	6300	5700	6000	5700	6300	5400	5400	5700	6000	5400	5700
COMP 6	Varilla de Soldadura	unid	0	48	29	32	32	30	32	29	30	29	32	27	27	29	30	27	29
COMP 7	Esmalte acrílico Gloss	gl	0	2.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
COMP 8	Thinner acrílico	gl	0	1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: Basado en Anexo 04

Antes de proceder con el desarrollo del maestro de puestos de trabajo, necesitamos saber cuáles tenemos y la secuencia en las que se desarrollan

Tabla 36.

Puestos de trabajo

Puestos de Trabajo	ID	Descripción
CORTADO	E1	Cortado de tubos y ejes
ESMERILADO	E2	Eliminado imperfecciones en tubos y planchas
TORNEADO	E3	Torneado de cabezales y tubos
DOBLADO	E4	Doblado de tubos
TALADRADO	E5	Agujereado de tubos y aletas
SOLDADO	E6	Unión de componentes por soldadura
PINTADO	E7	Pintado de cañerías

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

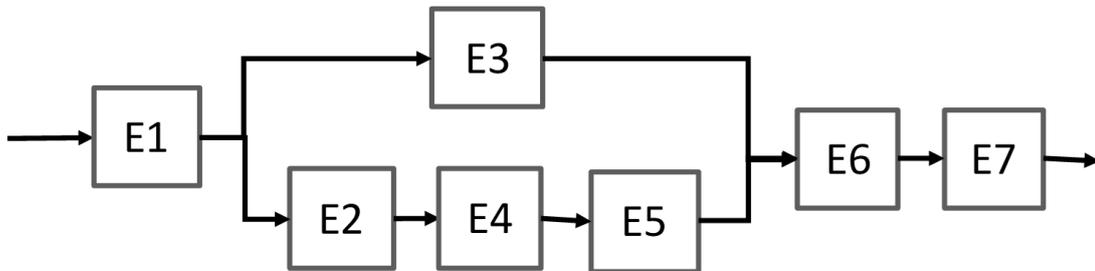


Figura 24. Diagrama de puestos de trabajo. Basado en Tabla 35

E1 (Cortado de tubos y ejes)

Donde con el uso de una tronzadora se corta según medida los distintos tipos de materia prima ya sean tubos galvanizados, cobrizados o ejes de acero inoxidable.

E2 (Eliminado imperfecciones en tubos y planchas)

Con el uso de un esmeril se pule y quita imperfecciones en la pieza que el proceso anterior a este puso haber generado.

E3 (Torneado de cabezales y tubos)

Donde con el uso de un torno se realiza el arranque de viruta al eje de acero inoxidable hasta llegar a las dimensiones establecidas y por el método de repujado se da forma a los tubos de acero cobrizado.

E4 (Doblado de tubos)

A través de una dobladora manual se procede a curvar el tubo galvanizado según molde.

E5 (Agujereado de tubos y aletas)

Con la ayuda de un taladro de columna se realiza perforaciones a las aletas de la cañería para que pase el perno y de igual manera a el tubo galvanizado para soldar las conexiones con los demás tubos.

E6 (Unión de componentes por soldadura)

Con la ayuda de una máquina de soldar, se procede a la unión de todos los componentes de la cañería mediante la técnica de soldadura por fusión.

E7 (Pintado de cañerías)

Con la ayuda de una pistola neumática o soplete y una compresora de aire se da de 2 a 3 capas de esmalte gloss a la cañería con el fin de aislarlo de la corrosión.

Para programar la capacidad se necesita de los tiempos de empleo y las fórmulas se registran en el puesto de trabajo para que se pueda calcular la duración de una operación como lo son: Tiempo de Preparación H (hora), mano de Obra H-H (hora-hombre), tiempo de Máquina: H-M (hora máquina), La capacidad total del puesto de trabajo expresado en kg/hora, cantidad de horas disponibles por día y cuantos días disponibles por semana se tiene.

Tabla 37.

Maestro de puestos de trabajo

Código	Descripción	Cap (kg/h)	Hrs disp. dia	Dias por sem	Activ1 Prep	Activ2 MO	Activ3 Tmp Maq	Factor de vel	Activ1 Prep	Activ2 MO	Activ Tmp Maq	Operarios
E1	Cortado de tubos y ejes	8.3	8	5.5	H	HH	HM	1.1	1.2	6.8	8	1
E2	Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	18	8	5.5	H	HH	HM	2.5	1.2	6.8	8	1
E3	Torneado de cabezales y tubos	7.3	8	5.5	H	HH	HM	1.0	1.2	6.8	8	1
E4	Doblado de tubos	8	8	5.5	H	HH	HM	1.1	1.2	6.8	8	1
E5	Agujereado de tubos y aletas	8.6	8	5.5	H	HH	HM	1.2	1.2	6.8	8	1
E6	Unión de componentes por soldadura	7.8	8	5.5	H	HH	HM	1.1	1.2	6.8	8	1
E7	Pintado de cañerías	19	8	5.5	H	HH	HM	2.6	1.2	6.8	8	1

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

La hoja de ruta contiene información más detallada del maestro de puestos de trabajo y se incluye los minutos por unidad producida.

Tabla 38.

Hoja de ruta

Material					Puesto de trabajo					Actividades - Producción para 1 día				Minutos / unidad producida		
Cód	Descripción	Unid	peso (kg)	Cód	Código	kg/h	Activ1 Prep(hrs)	Activ2 (hrs-hombre)	Activ3 (hrs-máq)	Producc (pza/hora)	Min / Unid Prep	Min / Unid MO	Min / Unid Máq			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E1	Cortado de tubos y ejes	8.3	1.2	6.8	8	5.2	13.88	78.65	92.53			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E2	Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	18	1.2	6.8	8	11.3	6.40	36.27	42.67			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E3	Torneado de cabezales y tubos	7.3	1.2	6.8	8	4.6	15.78	89.42	105.21			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E4	Doblado de tubos	8	1.2	6.8	8	5.0	14.40	81.60	96.00			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E5	Agujereado de tubos y aletas	8.6	1.2	6.8	8	5.4	13.40	75.91	89.30			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E6	Unión de componentes por soldadura	7.8	1.2	6.8	8	4.9	14.77	83.69	98.46			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	unid	1.6	E7	Pintado de cañerías	19	1.2	6.8	8	11.9	6.06	34.36	40.42			

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Luego conocemos el recorrido que hace el producto terminado por las estaciones de trabajo, con su respectiva lista de capacidades debidamente cuantificada.

Tabla 39.

Recorrido de la cañería por las estaciones de trabajo

Producto		Estaciones de Trabajo						
Codigo	Componente	E1 - Cortado de tubos y ejes	E2 - Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	E3 - Torneado de cabezales y tubos	E4 - Doblado de tubos	E5 - Agujereado de tubos y aletas	E6 - Unión de componentes por soldadura	E7 - Pintado de cañerías
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	X						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO		X					
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO			X				
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO				X			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO					X		
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO						X	
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO							X

Nota: Basado en registros de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 40.

Lista de Capacidades (BOC) Min/unid

Producto		E1 - Cortado de tubos y ejes			E2 - Eliminado imperfecciones en tubos y planchas			E3 - Torneado de cabezales y tubos			E4 - Doblado de tubos			E5 - Agujereado de tubos y aletas			E6 - Unión de componentes por soldadura			E7 - Pintado de cañerías			
Codigo		Proc	Hombr	Eq	Proc	Hombr	Eq	Proc	Hombr	Eq	Proc	Hombr	Eq	Proc	Hombr	Eq	Proc	Hombr	Eq	Proc	Hombr	Eq	
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	13.88	78.65	92.53																			
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO				6.40	36.27	42.67																
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO							15.78	89.42	105.21													
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO								14.40	81.60	96.00												
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO												13.40	75.91	89.30								
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO															14.77	83.69	98.46					
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO																			6.06	34.36	40.42	

Nota: Basado en Tabla 39

Con los datos obtenidos hasta este paso se procede al desarrollo del Plan de Capacidad (CRP), el cual se proyecta por las 16 semanas estudiadas (Ver anexo n.º 05).

Posteriormente se resumen las 16 semanas (Ver anexo n.º 06) comparando con el tiempo disponible con el fin de determinar si la capacidad es suficiente para cumplir con los pedidos de dicho periodo. Esta operación se realiza con la multiplicación de las ordenes de aprovisionamiento (TLO) con la lista de capacidades (BOC).

Como paso final, para determinar el número de turnos de producción requerido se calcula el número de horas programadas por semana x estación y se divide entre el número de días laborales x semana.

Tabla 41.

Horas de producción programadas por día

Sem	E1 - Cortado de tubos y ejes	E2 - Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	E3 - Torneado de cabezales y tubos	E4 - Doblado de tubos	E5 - Agujereado de tubos y aletas	E6 - Unión de componentes por soldadura	E7 - Pintado de cañerías
S1	0.42	0.19	0.48	0.44	0.41	0.45	0.18
S2	0.80	0.37	0.91	0.83	0.77	0.85	0.35
S3	0.88	0.41	1.00	0.92	0.85	0.94	0.39
S4	0.88	0.41	1.00	0.92	0.85	0.94	0.39
S5	0.84	0.39	0.96	0.87	0.81	0.90	0.37
S6	0.88	0.41	1.00	0.92	0.85	0.94	0.39
S7	0.80	0.37	0.91	0.83	0.77	0.85	0.35
S8	0.84	0.39	0.96	0.87	0.81	0.90	0.37
S9	0.80	0.37	0.91	0.83	0.77	0.85	0.35
S10	0.88	0.41	1.00	0.92	0.85	0.94	0.39
S11	0.76	0.35	0.86	0.79	0.73	0.81	0.33
S12	0.76	0.35	0.86	0.79	0.73	0.81	0.33
S13	0.80	0.37	0.91	0.83	0.77	0.85	0.35
S14	0.84	0.39	0.96	0.87	0.81	0.90	0.37
S15	0.76	0.35	0.86	0.79	0.73	0.81	0.33
S16	0.80	0.37	0.91	0.83	0.77	0.85	0.35

Nota: Basado en Anexo 06

Tabla 42.

Factor de ajuste de velocidad

Factor	1.14	2.47	1.00	1.10	1.18	1.07	2.60
---------------	------	------	------	------	------	------	------

Nota: Basado en Tabla 40

Tabla 43.

Horas de producción programadas por día

Sem	E1 - Cortado de tubos y ejes	E2 - Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	E3 - Torneado de cabezales y tubos	E4 - Doblado de tubos	E5 - Agujereado de tubos y aletas	E6 - Unión de componentes por soldadura	E7 - Pintado de cañerías
S1	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
S2	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
S3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
S4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
S5	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
S6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
S7	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
S8	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
S9	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
S10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
S11	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
S12	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
S13	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
S14	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
S15	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
S16	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

Nota: Basado en Tabla 41

Tabla 44.

Turnos de producción programados por día

Sem	E1 - Cortado de tubos y ejes	E2 - Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	E3 - Torneado de cabezales y tubos	E4 - Doblado de tubos	E5 - Agujereado de tubos y aletas	E6 - Unión de componentes por soldadura	E7 - Pintado de cañerías
S1	1	1	1	1	1	1	1
S2	1	1	1	1	1	1	1
S3	1	1	1	1	1	1	1
S4	1	1	1	1	1	1	1
S5	1	1	1	1	1	1	1
S6	1	1	1	1	1	1	1
S7	1	1	1	1	1	1	1
S8	1	1	1	1	1	1	1
S9	1	1	1	1	1	1	1
S10	1	1	1	1	1	1	1
S11	1	1	1	1	1	1	1
S12	1	1	1	1	1	1	1
S13	1	1	1	1	1	1	1
S14	1	1	1	1	1	1	1
S15	1	1	1	1	1	1	1
S16	1	1	1	1	1	1	1

Nota: Basado en Tabla 43

Tabla 45.

Número de trabajadores por semana

Sem	E1 - Cortado de tubos y ejes	E2 - Eliminado imperfecciones en tubos y planchas	E3 - Torneado de cabezales y tubos	E4 - Doblado de tubos	E5 - Agujereado de tubos y aletas	E6 - Unión de componentes por soldadura	E7 - Pintado de cañerías
S1	1	1	1	1	1	1	1
S2	1	1	1	1	1	1	1
S3	1	1	1	1	1	1	1
S4	1	1	1	1	1	1	1
S5	1	1	1	1	1	1	1
S6	1	1	1	1	1	1	1
S7	1	1	1	1	1	1	1
S8	1	1	1	1	1	1	1
S9	1	1	1	1	1	1	1
S10	1	1	1	1	1	1	1
S11	1	1	1	1	1	1	1
S12	1	1	1	1	1	1	1
S13	1	1	1	1	1	1	1
S14	1	1	1	1	1	1	1
S15	1	1	1	1	1	1	1
S16	1	1	1	1	1	1	1

Nota: Basado en Tabla 41

2.8.2. Plan de Capacitación

Para dar solución a CR5 (Falta Capacitación de Trabajadores), provocada por la falta de conocimiento de la fuerza de trabajo al momento de realizar sus labores.

Con esta herramienta se busca afianzar y reforzar los conocimientos y habilidades de los trabajadores, así como aprovechar los conocimientos adquiridos por los trabajadores para poderlos aplicar en la empresa.

Y los cursos a tratar serán: Actualización de técnicas de soldadura, Orden y limpieza en el trabajo y Lectura e interpretación de planos mecánicos.

El plan de capacitación se muestra a continuación y su respectivo cronograma se muestra en los Anexos n.º 07, 08, 09 y 10.

Tabla 46.

Plan de capacitación

I. ACTIV. DE LA EMP:	La empresa se dedica a la fabricación de productos metálicos para uso estructural.
II. JUSTIFICACION:	El recurso humano es el recurso más valioso en toda empresa pues es la mano de obra que mantiene en funcionamiento la empresa.
III. ALCANCE:	Dirigido al personal encargado del área de producción de cañerías de refrigeración de la empresa.
IV. FINES:	El propósito principal de la capacitación es incrementar el rendimiento de los trabajadores para el mejor desempeño en sus labores.
V. OBJETIVOS:	
OBJETIVO GENERAL:	Brindar a los trabajadores el conocimiento, herramientas y materiales para reforzar su conocimiento y habilidades
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	Afianzar y reforzar los conocimientos y habilidades de los trabajadores Aprovechar los conocimientos adquiridos por los trabajadores para poderlos aplicar en la empresa. Actualización de técnicas de soldadura
VI. CURSOS DE CAPACITACION:	Orden y limpieza en el trabajo Lectura e interpretación de planos mecánicos
VII. ESTRATEGIAS:	Casos prácticos Dinámicas Evaluaciones y retroalimentación Asesorías personalizadas
VIII. RECURSOS:	
HUMANOS	Maestros con amplia experiencia Trabajadores matriculados
MATERIALES	Módulos de los temas a tratar Material multimedia Máquinas y herramientas para la práctica
IX. METAS:	Preparar a los trabajadores para la ejecución eficiente de sus labores y el incremento de su rendimiento Contribuir con la mejora de competencias y habilidades de los trabajadores enfocada en la fabricación de productos de alta calidad
X. FECHA DE EJECUCION:	viernes, 7 de Agosto de 2020
XI. FECHA DE CIERE:	lunes, 26 de Octubre de 2020
XII. INSTITUCIONES A CONTRATAR	Centro Regional de Capacitación PROIND (Orden y limpieza en el trabajo) SENATI (Actualización de técnicas de soldadura) SENCICO (Lectura e interpretación de planos mecánicos)
XIII. HORARIO	Según cronograma
XIV. DURACIÓN DE CLASE	2.5 horas por día planificado
XIV. LUGAR DE CLASE	Instalaciones de cada institución

Nota: Basado en Figura 5 y Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.8.3. Plan de Mantenimiento

Para dar solución a CR2 (Inexistencia de Mantenimiento Preventivo) y reducir significativamente las paradas de producción no programadas

Con el fin de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo con su respectiva limpieza de las máquinas involucradas directamente con el proceso de producción de cañerías.

Donde cada máquina es identificada según su tipo, criticidad y uso, posteriormente se planifica su mantenimiento y/o limpieza según la naturaleza del trabajo que desempeñe.

Tabla 47.

Plan de mantenimiento preventivo

ITEM	COD.	NOMBRE DE MAQUINA	CRITICIDAD	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FREC.	TMPO. (mins)	Ago-20																																	
								1	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	31								
001	MA.TRON. DEW	MAQUINA TRONZADORA	B	LIMPIEZA EXTERNA	Luis Eustaquio Castillo	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Quincenal	20				■																														
				RESTAURADO Y PINTADO	Personal de mantenimiento	Mensual	20									■																									
				ENGRASAR LAS PARTES MÓVILES Y OSCILANTES	Personal de mantenimiento	Semanal	15				■				■																										
				REFORZAMIENTO DE BASE	Personal de mantenimiento	Mensual	20																																		
002	MA.SOL1	MAQUINA DE SOLDAR ELECTRICA TRIFÁSICA	A	LIMPIEZA EXTERNA	Daniel Llanos Anyaypoma	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Quincenal	30																																		
				CALIBRADO DE AMPERAJE	Personal de mantenimiento	Mensual	15																																		
				MEDICIÓN DE IMPEDANCIA	Personal de mantenimiento	Mensual	20																																		
003	AMOLA NG.BOSCH	AMOLADOR A ANGULAR	A	EXTRACCIÓN DEL MOTOR Y REBOBINADO	Personal de mantenimiento	Semestral	40																																		
				LIMPIEZA EXTERNA	Daniel Llanos Anyaypoma	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Semanal	20																																		
				REVISIÓN DE CARBONOS	Personal de mantenimiento	Quincenal	20																																		
				DESCARTE DE FALLAS ELÉCTRICAS	Personal de mantenimiento	Mensual	30																																		

Nota: Basado en Sacristán (2001) y Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 48.

Plan de mantenimiento preventivo

ITEM	COD.	NOMBRE DE MAQUINA	CRITICIDAD	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FREC.	TMPO. (mins)	Ago-20																																		
								1	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	31									
004	TA1.CO. DEL	TALADRO DE COLUMNA	B	LIMPIEZA EXTERNA	Luis Eustaquio Casti llo	Interdiaria	5	■			■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■			
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Quincenal	20			■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		
				COMPROBAR LUBRICACIÓN	Personal de mantenimiento	Semana l	15	■						■																											■	
				REVISAR COJINETES	Personal de mantenimiento	Mens ual	15			■																															■	
				REFORZAMIENTO DE BASE	Personal de mantenimiento	Semes tral	30											■																							■	
				REVISIÓN DE FAJA	Personal de mantenimiento	Sema nal	15				■																															■
				CALIBRACIÓN DE EJE	Personal de mantenimiento	Mens ual	20									■																										■
005	TOR1.CH I	TORNO DE 1000 X 500 MM	A	LIMPIEZA EXTERNA	Daniel Llanos Anyappoma	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■				
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Sema nal	30	■						■																											■	
				CALIBRACIÓN DE ENGRANAJES	Personal de mantenimiento	Quincenal	30																																		■	
				ALINEACIÓN DE EJE Y RODAMIENTOS	Personal de mantenimiento	Mens ual	30																																		■	
				CALIBRACIÓN DE POLEAS	Personal de mantenimiento	Quincenal	20	■																																	■	
				ANÁLISIS VIBRACIONAL	Personal de mantenimiento	Semes tral	20			■																															■	
				CHEQUEO DE CONTACTORES	Personal de mantenimiento	Mens ual	15																																		■	
				INSPECCIÓN DE VELOCIDADES	Personal de mantenimiento	Mens ual	15																																			■
				INSPECCIÓN DEL MOTOR	Personal de mantenimiento	Semes tral	40	■																																		■
				006	DO.T. MA	DOBLADORA DE TUBOS MANUAL	A	LIMPIEZA EXTERNA	Alberto Vega Mendoza	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■
LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Quincenal	20																																					■		
COMPROBAR LUBRICACIÓN	Personal de mantenimiento	Sema nal	15																																						■	
MEDIR DESGASTE DE TERMINALES	Personal de mantenimiento	Mens ual	20																																						■	
REVISIÓN DE RETÉN	Personal de mantenimiento	Quincenal	15																																						■	
CALIBRACIÓN DEL VÁSTAGO	Personal de mantenimiento	Mens ual	20																																						■	
007	TOR1.CH I	COMPRESO RA GRANDE INDURA	C	LIMPIEZA EXTERNA	Alberto Vega Mendoza	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■				
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Quincenal	20																																	■		
				REVISIÓN DE CORREAS DE TRANSMISIÓN	Personal de mantenimiento	Mens ual	20	■																																	■	
				INSPECCIÓN DEL MOTOR	Personal de mantenimiento	Semes tral	30																																		■	
008	DO.T. MA	ESMERIL	B	LIMPIEZA EXTERNA	Luis Eustaquio Casti llo	Interdiaria	5	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■		■				
				LIMPIEZA INTERNA	Personal de mantenimiento	Quincenal	20																																	■		
				INSPECCIÓN DEL MOTOR	Personal de mantenimiento	Semes tral	30	■																																	■	
				ALINEACIÓN DE EJE	Personal de mantenimiento	Quincenal	20																																		■	
				REFORZAMIENTO DE BASE	Personal de mantenimiento	Mens ual	20																																		■	

Nota: Basado en Sacristán (2001) y Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.8.4. Método Guerchet

Para dar solución a la CR3 (Mala Distribución de Planta), se propone una distribución de planta en específico aplicar el método Guerchet

Este método sirve para redimensionar el área y redistribuir la maquinaria con el propósito de optimizar el espacio y generar orden.

Luego de identificar y tomar medidas de las máquinas y equipos se calcula el área requerida para una correcta distribución que resulta ser la sumatoria de la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución.

La superficie estática viene a ser el producto del área de cada máquina y herramienta por su cantidad.

Tabla 49.

Superficie estática

Descripción	Espacio en m ²	Número de unidades	Espacio total m ²
Mesa de trabajo	0.80	1	0.80
Torno	0.90	1	0.90
Tronzadora	4.00	1	4.00
Máquina de soldar	0.48	1	0.48
Taladro	0.35	1	0.35
Dobladora	0.88	1	0.88
Compresora	0.42	1	0.42
Esmeril	0.35	1	0.35
Estante	0.80	1	0.80
Total	8.98	9	8.98

Nota: Basado en registros de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

La superficie de gravitación involucra a los lados operativos de la maquina o herramienta multiplicado por la superficie estática inicialmente calculada.

Tabla 50.

Superficie de gravitación

Descripción	Superficie estática m ²	Número de lados	Espacio total m ²
Mesa de trabajo	0.80	4	3.20
Torno	0.90	3	2.70
Tronzadora	4.00	2	8.00
Máquina de soldar	0.48	3	1.44
Taladro	0.35	3	1.05
Dobladora	0.88	3	2.64
Compresora	0.42	3	1.26
Esmeril	0.35	3	1.05
Estante	0.80	1	0.80
Total	8.98	25	22.14

Nota: basado en Ecuación 7 y registros de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

La superficie de evolución resulta de la suma de las dos superficies anteriormente encontradas multiplicada por el coeficiente K (1.5) que aplica a pequeñas mecánicas según Tabla 5. Coeficientes para la superficie de evolución

Tabla 51.

Superficie de evolución

Descripción	Superficie estática m ²	Superficie de gravitación m ²	K	Espacio total m ²
Mesa de trabajo	0.80	3.20	1.50	6.00
Torno	0.90	2.70	1.50	5.40
Tronzadora	4.00	8.00	1.50	18.00
Máquina de soldar	0.48	1.44	1.50	2.88
Taladro	0.35	1.05	1.50	2.10
Dobladora	0.88	2.64	1.50	5.28
Compresora	0.42	1.26	1.50	2.52
Esmeril	0.35	1.05	1.50	2.10
Estante	0.80	0.80	1.50	2.40
Total	8.98	22.14	13.50	46.68

Nota: Basado en Ecuación 8 y registros de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Finalmente, el área necesaria requerida es la suma de las tres superficies encontradas, resultando un total de 77.80 metros cuadrados.

Tabla 52.

Área requerida

Descripción	Espacio requerido
Superficie estática	8.98
Superficie de gravitación	22.14
Superficie de evolución	46.68
Total de área requerida m²	77.80

Nota: Basado en Ecuación 9 y registros Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Luego de aplicar el método Guerchet el tiempo de traslado se redujo a 5.17 minutos, la distancia recorrida a 57 metros y a 1 cañería que se deja de fabricar por invertir el tiempo en traslados.

Tabla 53.

Tiempos y distancias mejoradas del proceso de producción

Procesos	Tiempo de traslado (min)	Distancia recorrida (m)	Tiempo producción (min/pza)
Cortado 1	0.56	8.5	3
Esmerilado 1	0.33	3.9	1.5
Doblado	0.22	3.3	15.3
Taladrado 1	0.55	5.2	3.2
Cortado 2	0.68	9.7	1.3
Torneado	0.53	4.3	13.3
Cortado 3	0.59	6.1	7.4
Taladrado 2	0.55	5.2	2.7
Esmerilado 2	0.33	3.0	1.3
Soldado	0.28	4.1	22.3
Pintado	0.55	3.7	4.1
TOTAL	5.17	57.00	75.40

Nota: Basado en Tabla 24

Tabla 54.

Piezas que se deja de producir luego de la propuesta de mejora

Procesos	Piezas que deja de producir
Cortado 1	0
Esmerilado 1	0
Doblado	0
Taladrado 1	0
Cortado 2	1
Torneado	0
Cortado 3	0
Taladrado 2	0
Esmerilado 2	0
Soldado	0
Pintado	0
TOTAL	1

Nota: Basado en Tabla 25

El ingreso que se deja de percibir también se redujo a solo el precio de una cañería S/117.00

Tabla 55.

Costo por piezas que se deja de producir luego de la propuesta de mejora

Descripción	Cantidad	
Tiempo traslado (hr)	0.09	
Tiempo producción (hr)	1.26	
Piezas que deja de producir	1	
P.V	S/.	117.00
Pérdida	S/.	117.00

Nota: Basado en Tabla 26

El gasto improductivo también se redujo gracias al mejor tiempo de traslados siendo un total final de S/ 90.48

Tabla 56.

Gasto improductivo por traslados innecesarios luego de la propuesta de mejora

OPERARIO	SUELDO	COSTO x DÍA	COSTO x HORA	TEMPO (Hr) DESPERDICIAO x MES	GASTO IMPRODUCTIVO
Maestro	S/ 1,500.00	S/ 50.00	S/ 6.25	6.20	S/ 38.78
Ayudante 01	S/ 1,000.00	S/ 33.33	S/ 4.17	6.20	S/ 25.85
Ayudante 02	S/ 1,000.00	S/ 33.33	S/ 4.17	6.20	S/ 25.85
TOTAL					S/ 90.48

Nota: Basado en Tabla 23

Para la correcta distribución de elaboró un diagrama de relación de actividades ponderando la cercanía de toda la maquinaria del área de fabricación de cañerías.



Figura 25. Diagrama de relación de actividades. Basado en Tabla 6 y Figura 10 y Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Tabla 57.

Resumen de la gráfica de relación de actividades

Área	A	E	I	O	U	X
1. Mesa de trabajo	3, 4, 8	2	5, 6, 9	-	7	-
2. Torno	3, 9	1	-	-	4, 8	5, 6, 7
3. Tronzadora	1, 2	8	-	5	6	4, 7, 9
4. Máquina de soldar	1, 7	6	-	-	2, 5, 8, 9	3
5. Taladro	6, 8	-	1	3, 9	4, 7	2
6. Dobladora	5, 8	4	1, 9	7	3	2
7. Compresora	4	-	-	6	1, 5, 8, 9	2, 3
8. Esmeril	1, 5, 6	3, 9	-	-	2, 4, 7	-
9. Estante	1	8	1, 6	5	4, 7	3

Nota: Basado en Figura 25

Tras valorar las relaciones de cada máquina y calcular las parejas requeridas, se reubicó maquinaria de la siguiente manera ocupando un área menor de 78 metros cuadrados aproximadamente.

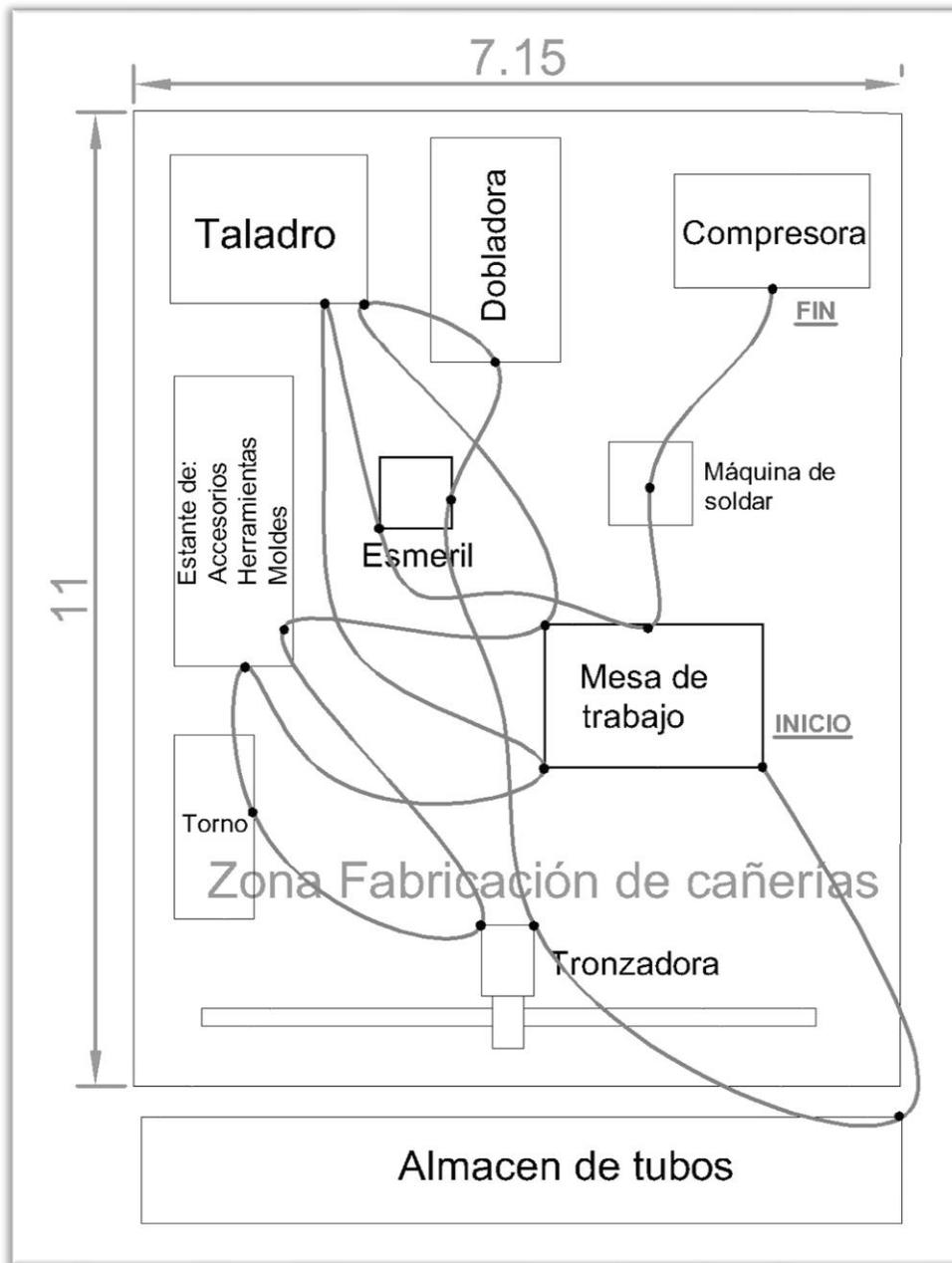


Figura 26. Recorrido y distribución de maquinaria mejorado. Basado en Figura 18

2.9. Cálculo de la variación de los costos operativos

Tabla 58.

Variación de los costos operativos

HERRAMIENTA DE MEJORA	PÉRDIDAS INICIALES		PÉRDIDAS LUEGO DE LA PROPUESTA MEJORA	
MÉTODO GUERCHET	S/.	9,465.30	S/.	2,489.70
MRP II	S/.	12,519.00	S/.	2,503.80
PLAN DE CAPACITACIÓN	S/.	6,084.00	S/.	1,216.80
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	S/.	15,744.00	S/.	1,698.00
TOTAL	S/.	43,812.30	S/.	7,908.30

Nota: Basado en Tabla 28

La variación monetaria resultó ser de -S/ 35,904.00 y la variación porcentual de -81.95%

2.10. Evaluación económica y financiera

2.10.1. Inversión de la propuesta

Para poder implementar mejoras a cada causa raíz, se decidió invertir en el nuevo personal técnico o profesional, así como los cursos a llevar por parte de los actuales trabajadores de la empresa, dichos gastos de inversión se detallan a continuación:

2.10.1.1. Inversión de la CR3 (Mala Distribución de Planta): Implementación del Método Guerchet

Tabla 59.

Costo de implementación del Método Guerchet

	Descripción	Cantidad (Unid.)	Remuneración (S/.)	N° meses	Remuneración total (S/.)
CONTRATACIÓN	Ingeniero Industrial Especializado en distribución de planta	1	S/ 1,500.00	3	S/ 4,500.00
	TOTAL				S/ 4,500.00

Nota: Basado en necesidades de la propuesta de mejora para la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.10.1.2. Inversión de la CR1 (No se cuenta con un Plan de Requerimiento de Materiales) y a la CR4 (Falta de Control y Planificación de la Producción): Implementación del MRP II

Tabla 60.

Costo de implementación del MRP II

	Descripción	Cantidad (Unid.)	Remuneración (S/.)	N° meses	Remuneración total anual(S/.)
CONTRATACIÓN	Jefe de Producción	1	S/ 1,800.00	12	S/ 21,600.00
	TOTAL ANUAL				S/ 21,600.00

Nota: Basado en necesidades de la propuesta de mejora para la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.10.1.3. Inversión de la CR5 (Falta Capacitación de Trabajadores): Implementación de un plan de capacitación

Tabla 61.

Costo de implementación de un plan de capacitación

	Descripción	Participantes	Costo por persona (S/.)	Viático por persona (S/.)	Costo total (S/.)
	Actualización de técnicas de soldadura	3	S/ 560.00	S/ 75.00	S/ 1,905.00
CAPACITACIÓN PERSONAL	Orden y limpieza en el trabajo	3	S/ 350.00	S/ 75.00	S/ 1,275.00
	Lectura e interpretación de planos mecánicos	3	S/ 440.00	S/ 75.00	S/ 1,545.00
	TOTAL				S/ 4,725.00

Nota: Basado en necesidades de la propuesta de mejora para la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.10.1.4. Inversión de la CR2 (Inexistencia de Mantenimiento Preventivo): Implementación de un plan de mantenimiento preventivo

Tabla 62.

Costo de implementación de un plan de mantenimiento preventivo

	Descripción	Cantidad (Unid.)	Remuneración promedio (S/.)	Nº meses	Remuneración total (S/.)
TERCERIZAR	Técnico de mantenimiento	1	S/ 750.00	12	S/ 9,000.00
TOTAL ANUAL					S/ 9,000.00

Nota: Basado en necesidades de la propuesta de mejora para la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

Sumando todas las inversiones de las causas raíz, tenemos un total de S/ 49,125.00

Tabla 63.

Costo total de inversión

HERRAMIENTA DE MEJORA	COSTO TOTAL (S/.)
MÉTODO GUERCHET	S/ 4,500.00
MRP II	S/ 21,600.00
PLAN DE CAPACITACIÓN	S/ 4,725.00
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	S/ 9,000.00
INVERSIÓN TOTAL	S/ 39,825.00

Nota: Basado en necesidades de la propuesta de mejora para la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C

2.10.2. Cálculo del préstamo

El monto total de la inversión será ser financiado por el banco BBVA, por contar con una de las tasas más atractivas para el monto de inversión resultante en la Tabla 60.

El préstamo será fraccionado en 36 meses, con una tasa efectiva anual de 25.60% o una tasa efectiva mensual de 1.92%.

El resumen de la deuda se detalla a continuación:

Tabla 64.

Resumen de la deuda

Año	Amortización	Interés	Total
2020 - 2021	S/10,388.58	S/8,113.55	S/18,502.13
2021 - 2022	S/13,048.06	S/5,454.07	S/18,502.13
2022 - 2023	S/16,388.36	S/2,113.77	S/18,502.13
Total	S/39,825.00	S/15,681.39	S/55,506.39

Nota: Basado en detalle de tasas de la Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones

El cronograma de pagos se detalla en el Anexo n.º 11.

2.10.3. Beneficio de la propuesta

2.10.3.1. Beneficio de la CR3 (Mala Distribución de Planta): Implementación del Método Guerchet

Tabla 65.

Beneficio por la implementación del Método Guerchet

Descripción	Valor inicial	Valor mejorado	Beneficio	Modalidad
Tiempo perdido en traslados (min)	18.33	5.17	13.16	Ahorro
Ventas perdidas por producto no fabricado (S/) al año	S/ 5,616.00	S/. 1,404.00	S/4,212.00	Ingresos
Gasto improductivo del personal por traslados (S/) al año	S/ 3,849.30	S/ 1,085.70	S/2,763.60	Ahorro

Nota: Basado en Tabla 53

2.10.3.2. Beneficios de la CR1 (No se cuenta con un Plan de Requerimiento de Materiales) y a la CR4 (Falta de Control y Planificación de la Producción): Implementación del MRP II

Tabla 66.

Beneficio por la implementación del MRP II

Descripción	Valor inicial	Valor mejorado	Beneficio	Modalidad
Cantidad de productos no entregados al año (pza)	107.00	22.00	85.00	P.T. disponible
Ventas perdidas por producto no entregados al año (S/)	S/. 12,519.00	S/ 2,503.80	S/10,015.20	Ingresos

Nota: Basado en Tabla 28

2.10.3.3. Beneficio de la CR5 (Falta Capacitación de Trabajadores): Implementación de un plan de capacitación

Se esperan los siguientes beneficios, ya que los cursos a llevar reforzarán los conocimientos previos de los trabajadores, por lo que se obtendrá mejores resultados

Tabla 67.

Beneficio por la implementación de un plan de capacitación

Descripción	Valor inicial	Valor mejorado	Beneficio	Modalidad
Cantidad de productos reprocesados al año (pza)	208.00	42.00	166.00	P.T. disponible
Costo por reproceso al año (S/)	S/ 6,084.00	S/ 1,216.80	S/ 4,867.20	Ahorro

Nota: Basado en Tabla 28

2.10.3.4. Beneficio de la CR2 (Inexistencia de Mantenimiento Preventivo): Implementación de un plan de mantenimiento preventivo

Tabla 68.

Beneficio por la implementación de un plan de mantenimiento preventivo

Descripción	Valor inicial	Valor mejorado	Beneficio	Modalidad
Tiempo de reparación al mes (hr)	11.60	2.32	9.28	Horas disponibles
Costo por reparaciones al año (S/)	S/. 7,320.00	S/ 1,464.00	S/5,856.00	Ahorro
Producción perdida al mes (pza)	6	2	4	P.T. disponible
Lucro cesante al año (S/)	S/ 8,424.00	S/ 234.00	S/8,190.00	Ingresos

Nota: Basado en Tabla 28

2.10.4. Evaluación económica financiera

Para determinar la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora, se desarrolló el flujo de caja proyectado a 3 años donde se presentan los beneficios (ahorro generado) y egresos (inversión necesaria) para poder evaluar la propuesta de mejora a través de indicadores económicos como el VAN, TIR y el B/C.

Se considera el presente año como el año en el que se realiza la inversión, los resultados de la propuesta se darán a fines del presente.

Tabla 69.

Flujo de caja

BENEFICIOS				
AHORROS	AÑO			
	0	1	2	3
MÉTODO GUERCHET		S/ 6,975.60	S/ 6,975.60	S/ 6,975.60
MRP II		S/ 10,015.20	S/ 10,015.20	S/ 10,015.20
PLAN DE CAPACITACIÓN		S/ 4,867.20	S/ 4,867.20	S/ 4,867.20
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		S/ 14,046.00	S/ 14,046.00	S/ 14,046.00
TOTAL BENEFICIOS		S/ 35,904.00	S/ 35,904.00	S/ 35,904.00
EGRESOS				
INVERSIÓN	AÑO			
	0	1	2	3
PRÉSTAMO		S/ 18,502.13	S/ 18,502.13	S/ 18,502.13
MÉTODO GUERCHET	S/ 4,500.00	S/ -	S/ -	S/ -
MRP II	S/ 21,600.00	S/ -	S/ -	S/ -
PLAN DE CAPACITACIÓN	S/ 4,725.00	S/ -	S/ -	S/ -
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	S/ 9,000.00	S/ -	S/ -	S/ -
TOTAL EGRESOS	S/ 39,825.00	S/ 18,502.13	S/ 18,502.13	S/ 18,502.13
FLUJO NETO ANUAL	-S/ 39,825.00	S/ 17,401.87	S/ 17,401.87	S/ 17,401.87

Nota: Basado en Tabla 58

Para determinar si la propuesta es rentable, se dio uso de los siguientes indicadores economicos:

Tabla 70.

Indicadores económicos

DESCRIPCIÓN	VALOR
VAN	S/ 8,193.12
TIR	14.86%
P. RECUPERACIÓN	2.49 años

Nota: Basado en Tabla 69

Tabla 71.

Indicador Beneficio - Costo

DESCRIPCIÓN	VALOR
VAN Ingresos	S/.99,072.25
VAN Egresos	S/.51,054.13
B/C	1.94

Nota: Basado en Tabla 69

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Implementación del Método Guerchet

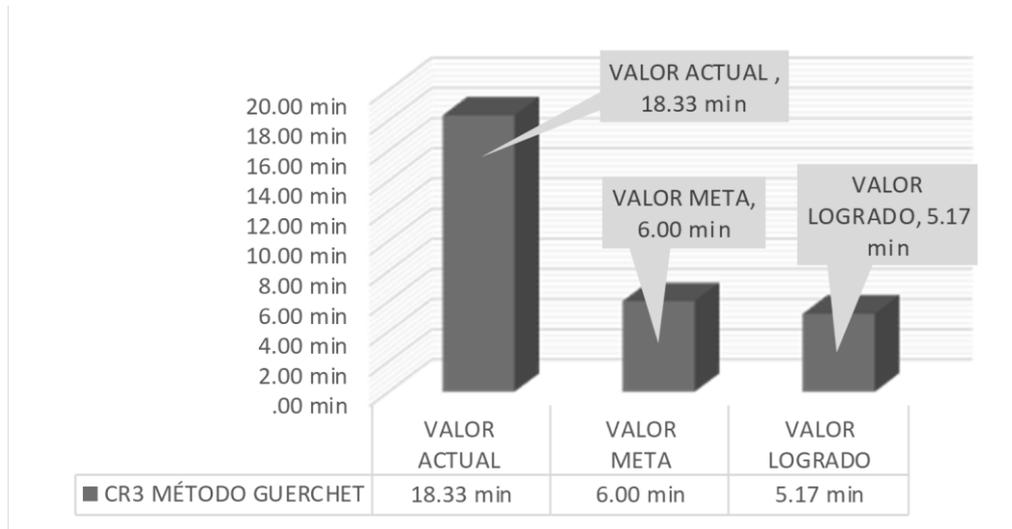


Figura 27. Valor actual, valor meta y valor logrado. Basado en Anexo 14

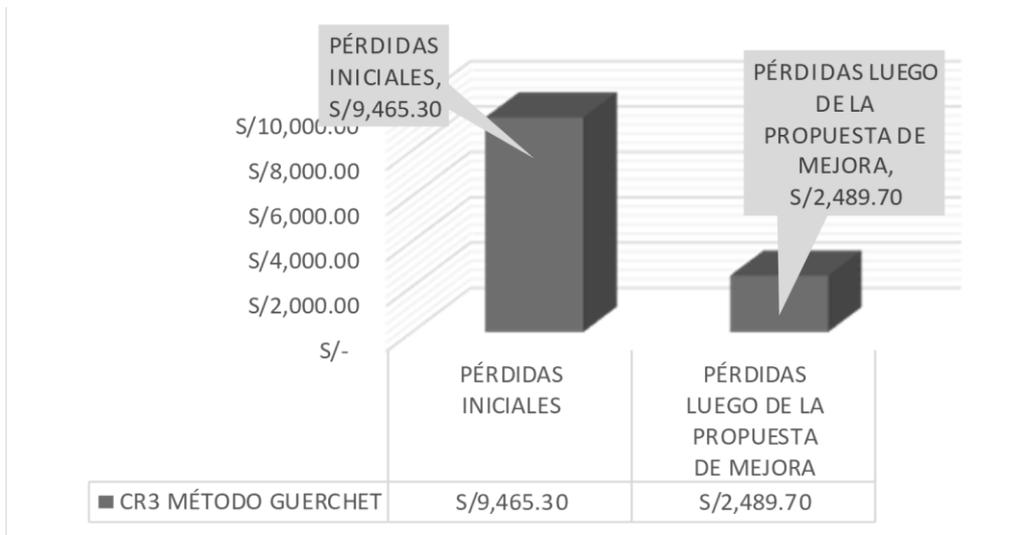


Figura 28. Pérdidas iniciales y después de la implementación. Basado en Anexo 15

3.2. Implementación del MRP II

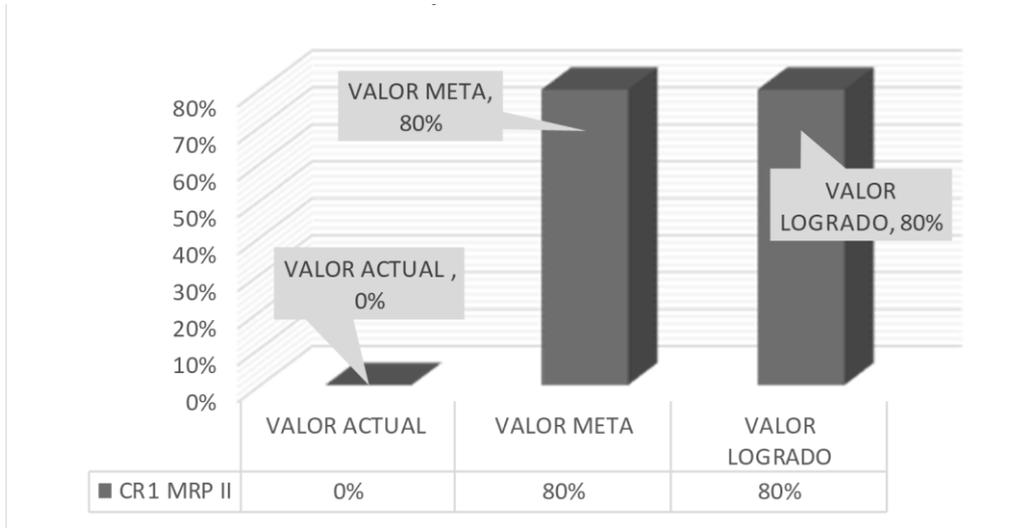


Figura 29. Valor actual, valor meta y valor logrado. Basado en Anexo 14

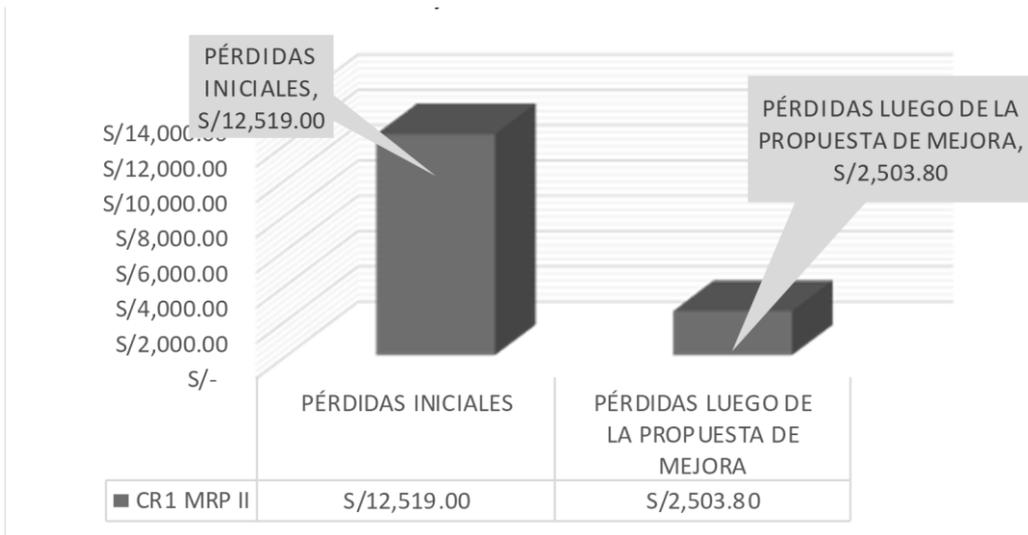


Figura 30. Pérdidas iniciales y después de la implementación. Basado en Anexo 15

3.3. Implementación de un plan de capacitación

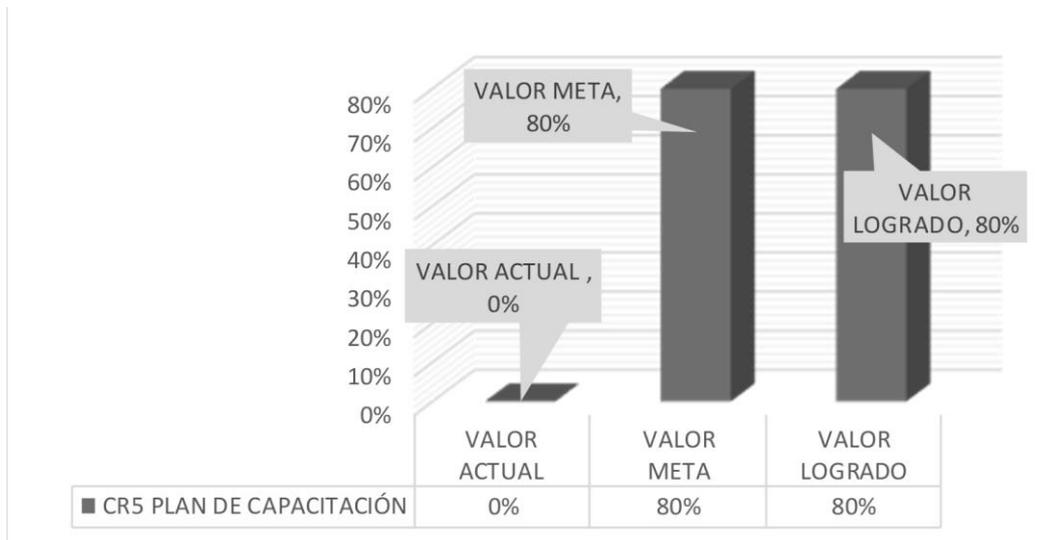


Figura 31. Valor actual, valor meta y valor logrado. Basado en Anexo 14

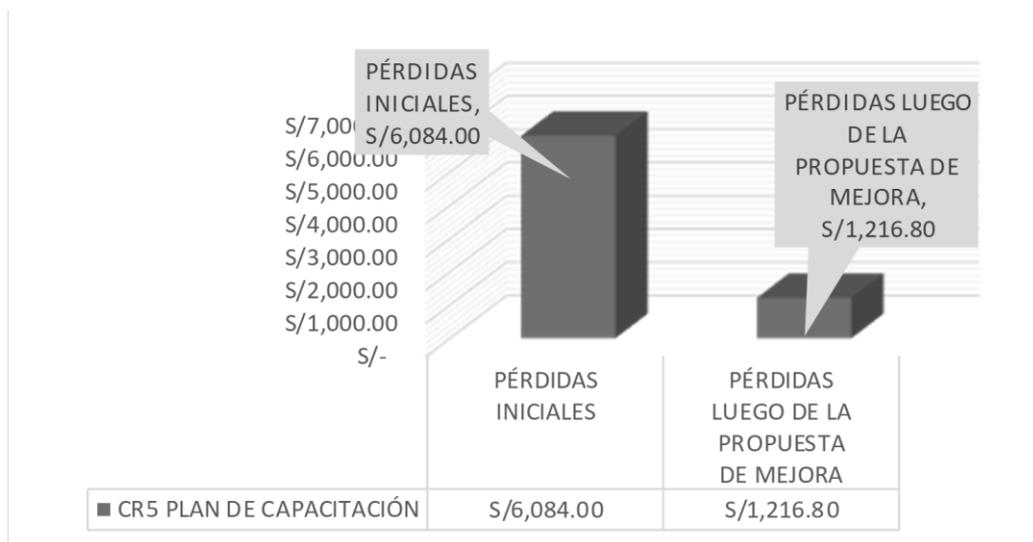


Figura 32. Pérdidas iniciales y después de la implementación. Basado en Anexo 15

3.4. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo

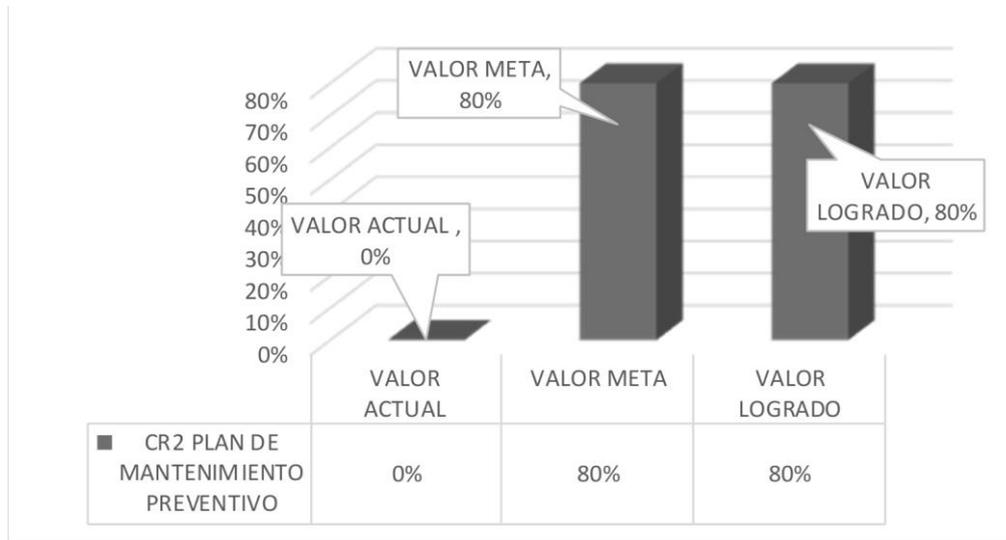


Figura 33. Valor actual, valor meta y valor logrado. Basado en Anexo 14

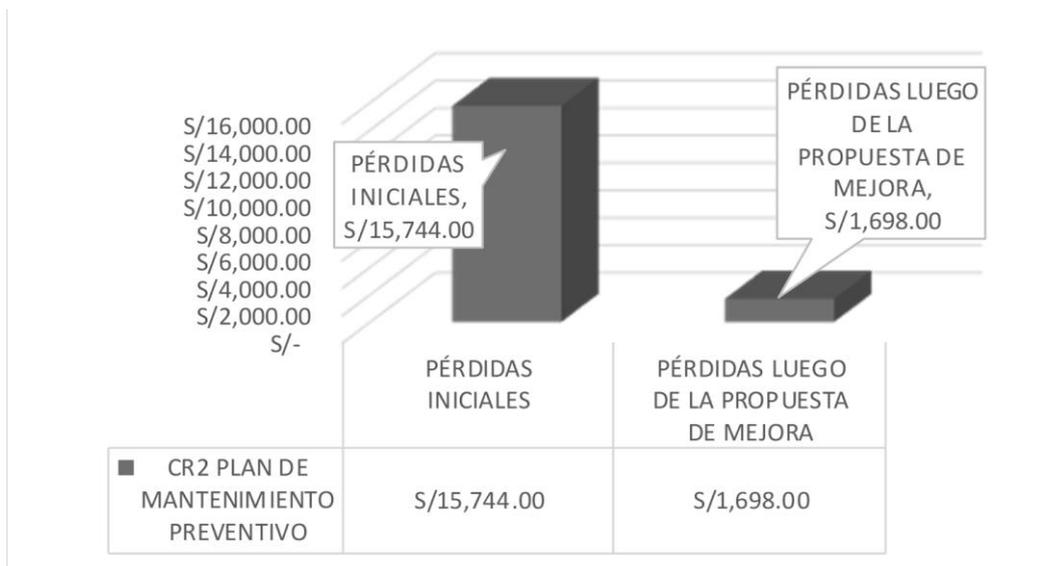


Figura 34. Pérdidas iniciales y después de la implementación. Basado en Anexo 15

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Método Guerchet:

Este método nos permite calcular los espacios físicos necesarios para una correcta distribución de planta; en el caso de Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C, este método servirá para reubicar las maquinas del área de fabricación de cañerías donde su mala ubicación causa un exceso de traslados innecesarios.

Con la implementación de este método, la empresa se espera un beneficio de la siguiente manera: En la Figura 25, se muestra el valor actual, valor meta y valor logrado de la implementación del método Guerchet, donde el valor actual o inicial de los traslados en producción eran de 18.33 minutos y la meta propuesta era de 6 minutos, logrando sobrepasar lo previsto hasta los 5.17 minutos de traslados, lo que evidencia que dichos traslados omitidos eran innecesarios. Asimismo, las pérdidas monetarias generados por la CR3 así como las perdidas luego de la implementación del método Guerchet están plasmados en la Figura 26, donde inicialmente el monto es de S/ 9,465.30 y tras la implementación de la propuesta de mejora las pérdidas se redujeron significativamente a S/ 2,489.70.

Estos resultados positivos son compartidos con los resultados de la propuesta de mejora en la tesis de Céspedes (2016) donde también contaba con traslados innecesarios, desorden, y baja productividad en la empresa AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S.A.A por lo que propuso elaborar una correcta distribución de planta también con el método Guerchet, obteniendo el incremento de su productividad en un 15.24% al pasar de un índice de 0.984 a 1.134 debido a que se redujeron los tiempos de traslado y búsqueda de herramientas por el desorden que se tenía en planta.

4.1.2. MRP II:

El sistema MRP II nos permite anticiparnos a las necesidades de áreas como logística y producción en los casos específicos de materia prima, mano de obra y las horas de trabajo que necesita cierta orden de producción, de tal manera que se disponga de lo necesario sin excedernos, así como también en evitar las roturas de stock por pedidos mínimos que generan pérdidas económicas por desabastecimiento de materiales, las cuales en Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C, se muestran en la Figura 28 que fueron de S/ 12,519.00 y que posteriormente se vieron reducidas a S/ 2,503.00 gracias a la implementación del MRP II. En cuanto al valor proyectado de la propuesta de mejora del MRP II que se muestra en la figura 27, fue de 80% partiendo desde 0% y se llegó a lograr esta meta con completa claridad.

Lo que es corroborado por Pacheco y Mozo (2016) donde la empresa CARTAVIO S.A. A contaba con una inadecuada planificación de insumos químicos y desarrolló un sistema de planificación y producción logrando un incremento de cumplimiento del 92% al 95% del plan propuesto, así como también un incremento de 57.61% MRP a 97.99% del MRP propuesto. Del mismo modo, Paredes y Torres (2014) lo corroboran con su implementación de MRP en la empresa CALZADOS PAREDES S.A.C debido a limitaciones relacionadas con la planificación de los recursos requeridos para su plan de producción, obteniendo como resultados el aumento del aprovechamiento de capacidad de almacenaje de productos terminados en un 14%, reducir el costo de almacenaje en un 15% y los costos de producción un promedio de 10.63%

4.1.3. Plan de capacitación:

Un plan de capacitación surge cuando se desea implantar los nuevos métodos y aprendizaje para lograr una mayor eficiencia y calidad en el trabajo. Ya sea al personal nuevo o al personal ya existente y así lograr enriquecer sus conocimientos y habilidades para que se vean reflejadas en su rendimiento colectivo e individual.

En la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C al contar con un personal relativamente nuevo que si bien es cierto logran realizar su labor y conocen del proceso, cometen una serie de errores al fabricar los productos incurriendo a pérdidas para la empresa por costos por reproceso y pérdidas de clientes. Ante ello se implementa un plan de capacitación para su personal, cuyos resultados esperados se muestran en la Figura 29 donde no existía un plan de capacitación para los trabajadores y como meta lograda resultó la implementación al 80%. La ausencia del plan de capacitación generaba pérdidas económicas de S/ 6,048.00 a la empresa y tras su implementación estas se redujeron hasta S/ 1,216.00 tal como se evidencia en la Figura 30.

Estos beneficios de la implementación también se pueden corroborar por Ramírez (2018) en su **propuesta de un plan de capacitación en los colaboradores del área de operaciones de la Línea 1 del Metro de Lima** donde identificó que los trabajadores no acudían a laborar incurriendo en evidentes pérdidas económicas para la empresa y baja rentabilidad. Las causas fueron diversas pero la principal fue la falta de capacitación donde 63.9% de los colaboradores señaló que la empresa no se preocupa por realizar capacitaciones. Ante esto se propuso elaborar un plan de capacitación. Con esta propuesta se espera que se reduzca el 50% de la rotación de personal generando un ahorro para la empresa, logrando desaparecer o reducir los costos generados por la rotación, como también lograr una mejor integración del personal.

4.1.4. Plan de mantenimiento preventivo:

Un plan de mantenimiento preventivo ayuda a prevenir y a reducir las fallas imprevistas en los equipos y maquinarias evitando así paradas imprevistas de producción por mantenimientos correctivos de emergencia y un posible fallo crítico en la maquinaria. Lo que venía ocurriendo y generando una serie de pérdidas económicas en Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C y

para ello se desarrolla este plan de mantenimiento preventivo. Implementándose desde el 0% hasta el 80% en la maquinaria y equipos de la empresa según Figura 31. Asimismo, en la Figura 32 se evidencia que inicialmente la empresa tenía pérdidas de S/ 15,744.00 por exceso de reparaciones y cambio de piezas innecesarias y gracias a la implementación del plan de mantenimiento preventivo se redujeron hasta S/ 1,698.00.

Estos resultados positivos son corroborados por Ribera (2012) en su diseño de mantenimiento en la planta Esthela, donde evidenció que no existe ningún sistema de mantenimiento planeado y a través de la aplicación de la herramienta, logró mejorar la productividad de la planta en un 20%, disminuyó el tiempo de entrega de los productos de 5 a 3,5 días gracias al aumento de la disponibilidad de las maquinarias. También, estos resultados positivos son corroborados por Sosa (2018) en su diseño de sistema de mantenimiento preventivo en las unidades de transporte de la empresa JEVREM S.A.C, donde manifestó que esta empresa solo realizaba mantenimiento correctivo a sus unidades lo que generaba paradas imprevistas y pérdidas económicas; y con la implementación consiguió un ahorro de \$ 3 011,45 al año por unidad de transporte.

4.2. Conclusiones

- Se logró encontrar un impacto positivo de la propuesta de mejora en los costos operativos en el área de producción de cañerías de la empresa Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C, con una reducción de S/43,812.30 a S/7,908.30.
- Se realizó el diagnóstico la situación actual del área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C
- Se determinaron y desarrollaron las herramientas de la Ingeniería Industrial tales como: MRP II, método de distribución de planta Guerchet, plan de capacitación y plan de mantenimiento preventivo en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C
- Se determinó la variación de los costos operativos en el área de producción de cañerías de la empresa metalmecánica Talleres Unidos Ingeniería e Inversiones S.A.C
- Se evaluó la implementación de las propuestas de mejora con una inversión anual de S/39,825.00 obteniendo un VAN de S/8,193.12, un TIR de 14.86%, un B/C de 1.94 con un periodo de recuperación de 2.49 años. Lo que evidencia una propuesta rentable para la empresa.

REFERENCIAS

Aceros y cercados (2020). *Los tubos galvanizados*. Recuperado el 07 de febrero del 2020 de: <http://www.aceroscercados.com/los-tubos-galvanizados/>

Alcántara, V. (2015). *20 años de la industria metalmecánica en América Latina*. Recuperado el 21 de abril del 2019 de: <http://www.metalmecanica.com/temas/20-anos-de-la-industria-metalmecanica-en-America-Latina+106698>

DAYSA (2020). *Cobrizado*. Recuperado el 07 de febrero del 2020 de: <https://daysa.jimdofree.com/acabados/cobrizado/>

Gestión (2020). *Inflación promedio del Perú*. Recuperado el 30 de mayo del 2020 de: <https://archivo.gestion.pe/noticia/712283/inflacion-promedio-peru-fue-35ultimos-diez-anos?ref=gesr>

Gestión (2020). *Riesgo de inversión del Perú*. Recuperado el 30 de mayo del 2020 de: <https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-bajo-dos-puntos-basicos-y-cerro-en-195-puntos-porcentuales-noticia/>

Sociedad Nacional de Industrias. (2019). *Reporte Estadístico N.º 1 – enero 2019*. Recuperado el 07 de febrero del 2020 de: <https://www.sni.org.pe/no-01-marzo-2019/>

Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones (2020). *Costo y rendimiento de productos financieros*. Recuperado el 28 de mayo del 2020 de: <https://www.sbs.gob.pe/app/retasas/paginas/retasasInicio.aspx?p=C>

Wikipedia La enciclopedia Libre (2020). *Tubería*. Recuperado el 07 de febrero del 2020 de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tuber%C3%ADa>

Wikipedia La enciclopedia Libre (2020). *Sistema frigorífico*. Recuperado el 07 de febrero del 2020 de: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_frigor%C3%ADfico

World Coal Association. (2017). *¿Cómo se produce el acero?* Recuperado el 21 de abril del 2019 de: <https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/how-steel-produced>

Tesis:

Céspedes, P. 2016. *Propuesta de redistribución de planta y su efecto en la productividad, en el taller de maestranza-turbinas de la empresa AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S.A.A.* Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

Pacheco, E., Mozo, C. 2016. *Propuesta de mejora del sistema de planificación y control de la producción mensual de azúcar de la empresa CARTAVIO S.A.A.* Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

Paredes, J., Torres. 2014. *Propuesta de implementación de un sistema MRP integrando técnicas de manufactura esbelta para la mejora de la rentabilidad de la empresa CALZADOS PAREDES S.A.C.* Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Ramírez. L. 2018. *Propuesta de un plan de capacitación para disminuir la rotación de colaboradores del área de operaciones de la Línea 1 del Metro de Lima 2018.* Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú.

Riera, J. 2012. *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa Cubiertas del Ecuador Kubiec S.A. en la planta Esthela.* Escuela politécnica del ejército. Sangolquí. Ecuador.

Sosa, D. 2018. *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento de las unidades de transporte en la empresa transportes JEVREM S.A.C. en el año 2017.* Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

Libros:

Arbós, L. C. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático.* Profit Editorial.

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Administración de la calidad total.* Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad de Mar del Plata, Argentina.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R. T., Benítez, M. A. M., & Muñoz, H. H. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (No. 658.51/CH48a/12a. ed.). McGraw-Hill.

Chiavenato, I. (2008). *Gestión de personas.* Brasil: CAMPUS.

Colín, G. (2014). *Contabilidad de costos*. Mc Graw-Hill.

Díaz, I. M. R., de Castro, E. C. D., & Cataluña, F. J. R. (2013). *Gestión de precios*. Esic Editorial.

García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México, DF: McGraw-Hill.

Jay, H., & Barry, R. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Person Educación.

Keat, P. G., & Young, P. K. (2004). *Economía de empresa*. Pearson Educación.

Mankiw, N. G. (2015). *Principios de economía*. (Vol. Sexta Edición). Mexico: South-Western.

Meyers, F. E. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura Y Manejo de Materiales*. Pearson educación.

Palencia, O. G. (2011). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Principios fundamentales*. Ediciones de la U.

Pérez, M. D. (2007). *Gestión de operaciones*.

Sacristán, F. R. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. FC Editorial.

Van Horne, J. C., & Wachowicz, J. M. (2002). *Fundamentos de administración financiera*. Pearson educación.

ANEXOS

Anexo 1. *Cañería para automóviles*



Anexo 2. *Cañerías para camionetas*



Anexo 3. *Cañerías para vehículos pesados*



Anexo 4. MRP

		SKU 1				CAÑERÍA SUZUKI CELERIO											
Artículo	Tamaño del lote	Plazo	Stock	SS													
CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	LxL	0	17	14													
Periodo	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Requerimientos brutos		23	19	21	21	20	21	19	20	19	21	18	18	19	20	18	19
Recepciones programadas																	
Inventario disponible	17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Requerimientos netos		10	19	21	21	20	21	19	20	19	21	18	18	19	20	18	19
Recepciones planeadas		10	19	21	21	20	21	19	20	19	21	18	18	19	20	18	19
Emissiones planeadas		10	19	21	21	20	21	19	20	19	21	18	18	19	20	18	19

		COMP 1				Tubo galvanizado 21.3mm ø											
		COMPONENTE 1: Tubo galvanizado 21.3mm ø															
COMP 1	batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Stock Inicial :	0.65	14.95	12.35	13.65	13.65	13	13.65	12.35	13	12.35	13.65	11.7	11.7	12.35	13	11.7	12.35
Tamaño de lote :	1.5																
Lead-time entrega :	6			SS	2												
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos	1																
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Necesidades Brutas		14.95	12.35	13.65	13.65	13	13.65	12.35	13	12.35	13.65	11.7	11.7	12.35	13	11.7	12.35
Entradas Previstas																	
Stock Final	1.5	4.55	4.2	8.55	6.9	5.9	4.25	9.9	8.9	8.55	6.9	7.2	7.5	7.15	6.15	6.45	6.1
Necesidades Netas		17.45	11.8	13.45	9.1	10.1	11.75	12.1	7.1	7.45	9.1	8.8	8.5	8.85	9.85	9.55	9.9
Pedidos Planeados		18	12	18	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Lanzamiento de ordenes	18	12	18	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	12	-

COMP 2

Tubo galvanizado 13.5mm ø

COMPONENTE 2: Tubo galvanizado 13.5mm ø

	batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
COMP 2	0.035	0.805	0.665	0.735	0.735	0.7	0.735	0.665	0.7	0.665	0.735	0.63	0.63	0.665	0.7	0.63	0.665
Stock Inicial :	0.5																
Tamaño de lote :	6			SS	2												
Lead-time entrega :	1																
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos																	
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Necesidades Brutas		0.805	0.665	0.735	0.735	0.7	0.735	0.665	0.7	0.665	0.735	0.63	0.63	0.665	0.7	0.63	0.665
Entradas Previstas																	
Stock Final	0.5	5.695	5.03	4.295	3.56	2.86	2.125	7.46	6.76	6.095	5.36	4.73	4.1	3.435	2.735	2.105	7.44
Necesidades Netas		4.305	0	0	0	0	0	2.54	0	0	0	0	0	0	0	0	2.56
Pedidos Planeados		6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Lanzamiento de ordenes	6	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-

COMP 3

Tubo de acero cobrizado 3/16" ø

COMPONENTE 3: Tubo de acero cobrizado 3/16" ø

	batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
COMP 3	0.12	2.76	2.28	2.52	2.52	2.4	2.52	2.28	2.4	2.28	2.52	2.16	2.16	2.28	2.4	2.16	2.28
Stock Inicial :	0.3																
Tamaño de lote :	LxL			SS	0.8												
Lead-time entrega :	1																
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos																	
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Necesidades Brutas		2.8	2.3	2.6	2.6	2.4	2.6	2.3	2.4	2.3	2.6	2.2	2.2	2.3	2.4	2.2	2.3
Entradas Previstas																	
Stock Final	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Necesidades Netas		3.3	2.3	2.6	2.6	2.4	2.6	2.3	2.4	2.3	2.6	2.2	2.2	2.3	2.4	2.2	2.3
Pedidos Planeados		3.3	2.3	2.6	2.6	2.4	2.6	2.3	2.4	2.3	2.6	2.2	2.2	2.3	2.4	2.2	2.3
Lanzamiento de ordenes	3	2	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	-

COMP 4		Eje de acero inoxidable 1"Ø															
		COMPONENTE 4: Eje de acero inoxidable 1"Ø															
	batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
COMP 4	33	759	627	693	693	660	693	627	660	627	693	594	594	627	660	594	627
Stock Inicial :	100																
Tamaño de lote :	LxL			SS	250												
Lead-time entrega :	0																
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos																	
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Necesidades Brutas		759	627	693	693	660	693	627	660	627	693	594	594	627	660	594	627
Entradas Previstas																	
Stock Final	100	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Necesidades Netas		909	627	693	693	660	693	627	660	627	693	594	594	627	660	594	627
Pedidos Planeados		909	627	693	693	660	693	627	660	627	693	594	594	627	660	594	627
Lanzamiento de ordenes		909	627	693	693	660	693	627	660	627	693	594	594	627	660	594	627

COMP 5		Plancha metálica 1/16"															
		COMPONENTE 5: Plancha metálica 1/16"															
	batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
COMP 5	300	6900	5700	6300	6300	6000	6300	5700	6000	5700	6300	5400	5400	5700	6000	5400	5700
Stock Inicial :	1500																
Tamaño de lote :	LxL			SS	4000												
Lead-time entrega :	0																
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos																	
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Necesidades Brutas		6900	5700	6300	6300	6000	6300	5700	6000	5700	6300	5400	5400	5700	6000	5400	5700
Entradas Previstas																	
Stock Final	1500	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
Necesidades Netas		9400	5700	6300	6300	6000	6300	5700	6000	5700	6300	5400	5400	5700	6000	5400	5700
Pedidos Planeados		9400	5700	6300	6300	6000	6300	5700	6000	5700	6300	5400	5400	5700	6000	5400	5700
Lanzamiento de ordenes		9,400	5,700	6,300	6,300	6,000	6,300	5,700	6,000	5,700	6,300	5,400	5,400	5,700	6,000	5,400	5,700

COMP 6

Varilla de Soldadura

		COMPONENTE 6: Varilla de Soldadura																
		batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
COMP 6		1.5	34.5	28.5	31.5	31.5	30	31.5	28.5	30	28.5	31.5	27	27	28.5	30	27	28.5
Stock Inicial :		12																
Tamaño de lote :		LxL			SS	25												
Lead-time entrega :		0																
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos																		
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Necesidades Brutas		35	29	32	32	30	32	29	30	29	32	27	27	29	30	27	29	
Entradas Previstas																		
Stock Final	12	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Necesidades Netas		48	29	32	32	30	32	29	30	29	32	27	27	29	30	27	29	
Pedidos Planeados		48	29	32	32	30	32	29	30	29	32	27	27	29	30	27	29	
Lanzamiento de ordenes		48	29	32	32	30	32	29	30	29	32	27	27	29	30	27	29	

COMP 7

Esmalte acrílico Gloss

		COMPONENTE 7: Esmalte acrílico Gloss																
		batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
COMP 7		0.06	1.38	1.14	1.26	1.26	1.2	1.26	1.14	1.2	1.14	1.26	1.08	1.08	1.14	1.2	1.08	1.14
Stock Inicial :		0.8																
Tamaño de lote :		LxL			SS	1												
Lead-time entrega :		0																
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos																		
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Necesidades Brutas		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Entradas Previstas																		
Stock Final	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Necesidades Netas		2.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Pedidos Planeados		2.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Lanzamiento de ordenes		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

COMP 8		Thinner acrílico															
		COMPONENTE 8: Thinner acrílico															
COMP 8	batch	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Stock Inicial :	0.03	0.69	0.57	0.63	0.63	0.6	0.63	0.57	0.6	0.57	0.63	0.54	0.54	0.57	0.6	0.54	0.57
Tamaño de lote :	0.3																
Lead-time entrega :	LxL			SS	1												
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos	0																
Período	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Necesidades Brutas		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Entradas Previstas																	
Stock Final	0.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Necesidades Netas		1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pedidos Planeados		1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lanzamiento de ordenes		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Anexo 5. CRP

Periodos de planificación		E1 - Cortado de tubos y ejes			E2 - Eliminado imperfecciones en			E3 - Torneado de cabezales y tubos			E4 - Doblado de tubos			E5 - Agujereado de tubos y aletas			E6 - Unión de componentes por			E7 - Pintado de cañerías		
		Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo
Semana 1																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	138.80	786.51	925.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	64.00	362.67	426.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.81	894.25	1052.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.00	816.00	960.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	133.95	759.07	893.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.69	836.92	984.62	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.63	343.58	404.21	0.00
Total (Horas)		2.31	13.11	15.42	1.07	6.04	7.11	2.63	14.90	17.53	2.40	13.60	16.00	2.23	12.65	14.88	2.46	13.95	16.41	1.01	5.73	6.74
Semana 2																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	263.71	1494.36	1758.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	121.60	689.07	810.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	299.84	1699.07	1998.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	273.60	1550.40	1824.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.51	1442.23	1696.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	280.62	1590.15	1870.77	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00	0.00
Total (Horas)		4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 3																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	291.47	1651.66	1943.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	134.40	761.60	896.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	331.40	1877.92	2209.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	302.40	1713.60	2016.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	281.30	1594.05	1875.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	310.15	1757.54	2067.69	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	127.33	721.52	848.84	0.00
Total (Horas)		4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 4																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	291.47	1651.66	1943.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	134.40	761.60	896.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	331.40	1877.92	2209.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	302.40	1713.60	2016.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	281.30	1594.05	1875.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	310.15	1757.54	2067.69	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	127.33	721.52	848.84	0.00
Total (Horas)		4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15

Periodos de planificación		E1 - Cortado de tubos y ejes			E2 - Eliminado imperfecciones en			E3 - Torneado de cabezales y tubos			E4 - Doblado de tubos			E5 - Agujereado de tubos y aletas			E6 - Unión de componentes por			E7 - Pintado de cañerías		
		Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo
Semana 5																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	277.59	1573.01	1850.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	128.00	725.33	853.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.62	1788.49	2104.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.00	1632.00	1920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	267.91	1518.14	1786.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	295.38	1673.85	1969.23	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.26	687.16	808.42	0.00
Total (Horas)		4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 6																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	291.47	1651.66	1943.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	134.40	761.60	896.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	331.40	1877.92	2209.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	302.40	1713.60	2016.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	281.30	1594.05	1875.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	310.15	1757.54	2067.69	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	127.33	721.52	848.84	0.00
Total (Horas)		4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 7																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	263.71	1494.36	1758.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	121.60	689.07	810.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	299.84	1699.07	1998.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	273.60	1550.40	1824.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.51	1442.23	1696.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	280.62	1590.15	1870.77	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00	0.00
Total (Horas)		4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 8																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	277.59	1573.01	1850.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	128.00	725.33	853.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.62	1788.49	2104.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.00	1632.00	1920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	267.91	1518.14	1786.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	295.38	1673.85	1969.23	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.26	687.16	808.42	0.00
Total (Horas)		4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47

Periodos de planificación		E1 - Cortado de tubos y ejes			E2 - Eliminado imperfecciones en			E3 - Torneado de cabezales y tubos			E4 - Doblado de tubos			E5 - Agujereado de tubos y aletas			E6 - Unión de componentes por			E7 - Pintado de cañerías		
		Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo
Semana 9																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	263.71	1494.36	1758.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	121.60	689.07	810.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	299.84	1699.07	1998.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	273.60	1550.40	1824.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.51	1442.23	1696.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	280.62	1590.15	1870.77	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00
Total (Horas)		4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 10																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	291.47	1651.66	1943.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	134.40	761.60	896.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	331.40	1877.92	2209.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	302.40	1713.60	2016.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	281.30	1594.05	1875.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	310.15	1757.54	2067.69	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	127.33	721.52	848.84
Total (Horas)		4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 11																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	249.83	1415.71	1665.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	284.05	1609.64	1893.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	259.20	1468.80	1728.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	241.12	1366.33	1607.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	265.85	1506.46	1772.31	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.14	618.44	727.58
Total (Horas)		4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 12																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	249.83	1415.71	1665.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	284.05	1609.64	1893.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	259.20	1468.80	1728.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	241.12	1366.33	1607.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	265.85	1506.46	1772.31	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.14	618.44	727.58
Total (Horas)		4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13

Periodos de planificación		E1 - Cortado de tubos y ejes			E2 - Eliminado imperfecciones en			E3 - Torneado de cabezales y tubos			E4 - Doblado de tubos			E5 - Agujereado de tubos y aletas			E6 - Unión de componentes por			E7 - Pintado de cañerías		
		Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo
Semana 13																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	263.71	1494.36	1758.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	121.60	689.07	810.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	299.84	1699.07	1998.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	273.60	1550.40	1824.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.51	1442.23	1696.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	280.62	1590.15	1870.77	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00
Total (Horas)		4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 14																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	277.59	1573.01	1850.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	128.00	725.33	853.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	315.62	1788.49	2104.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	288.00	1632.00	1920.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	267.91	1518.14	1786.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	295.38	1673.85	1969.23	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.26	687.16	808.42
Total (Horas)		4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 15																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	249.83	1415.71	1665.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	284.05	1609.64	1893.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	259.20	1468.80	1728.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	241.12	1366.33	1607.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	265.85	1506.46	1772.31	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	109.14	618.44	727.58
Total (Horas)		4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 16																						
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	263.71	1494.36	1758.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	121.60	689.07	810.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	299.84	1699.07	1998.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	273.60	1550.40	1824.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	254.51	1442.23	1696.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	280.62	1590.15	1870.77	0.00	0.00	0.00
SKU 1	CAÑERÍA SUZUKI CELERIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.20	652.80	768.00
Total (Horas)		4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80

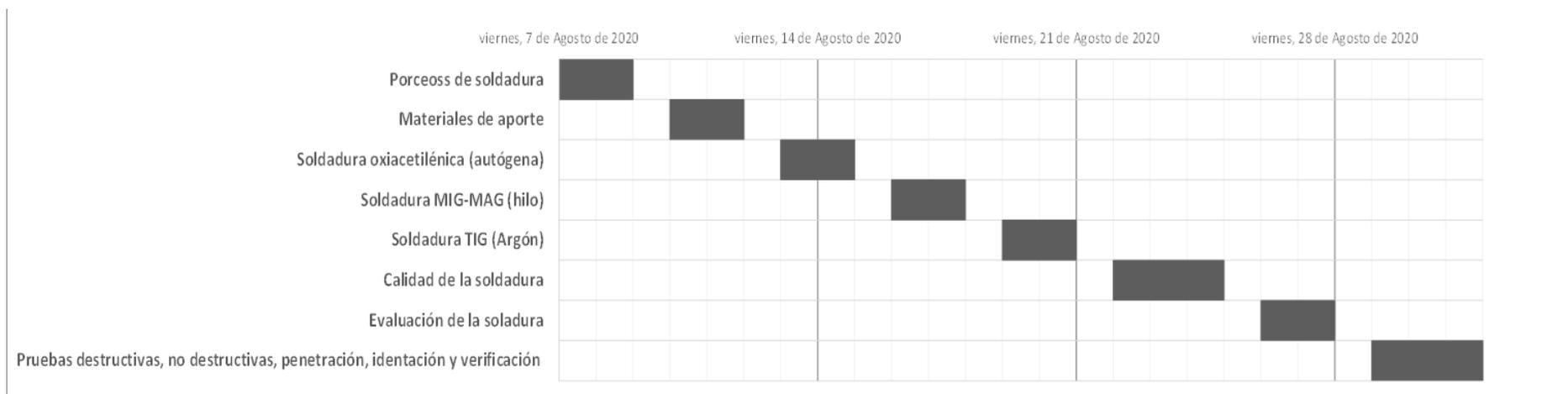
Anexo 6. Resumen del CRP

Periodos de planificación		E1 - Cortado de tubos y ejes			E2 - Eliminado imperfecciones en			E3 - Torneado de cabezales y tubos			E4 - Doblado de tubos			E5 - Agujereado de tubos y aletas			E6 - Unión de componentes por			E7 - Pintado de cañerías		
		Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo	Proceso	Hombre	Equipo
		Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)	Máx (hrs)
Semana 1	Horas	2.31	13.11	15.42	1.07	6.04	7.11	2.63	14.90	17.53	2.40	13.60	16.00	2.23	12.65	14.88	2.46	13.95	16.41	1.01	5.73	6.74
Semana 1	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 2	Horas	4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 2	Capacidad	4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 3	Horas	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 3	Capacidad	4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 4	Horas	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 4	Capacidad	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 5	Horas	4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 5	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 6	Horas	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 6	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 7	Horas	4.86	27.53	32.39	2.24	12.69	14.93	5.52	31.30	36.82	5.04	28.56	33.60	4.69	26.57	31.26	5.17	29.29	34.46	2.12	12.03	14.15
Semana 7	Capacidad	4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 8	Horas	4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 8	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 9	Horas	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 9	Capacidad	4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 10	Horas	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 10	Capacidad	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 11	Horas	4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 11	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 12	Horas	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 12	Capacidad	4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 13	Horas	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 13	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 14	Horas	4.63	26.22	30.84	2.13	12.09	14.22	5.26	29.81	35.07	4.80	27.20	32.00	4.47	25.30	29.77	4.92	27.90	32.82	2.02	11.45	13.47
Semana 14	Capacidad	4.16	23.60	27.76	1.92	10.88	12.80	4.73	26.83	31.56	4.32	24.48	28.80	4.02	22.77	26.79	4.43	25.11	29.54	1.82	10.31	12.13
Semana 15	Horas	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 15	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 16	Horas	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80
Semana 16	Capacidad	4.40	24.91	29.30	2.03	11.48	13.51	5.00	28.32	33.32	4.56	25.84	30.40	4.24	24.04	28.28	4.68	26.50	31.18	1.92	10.88	12.80

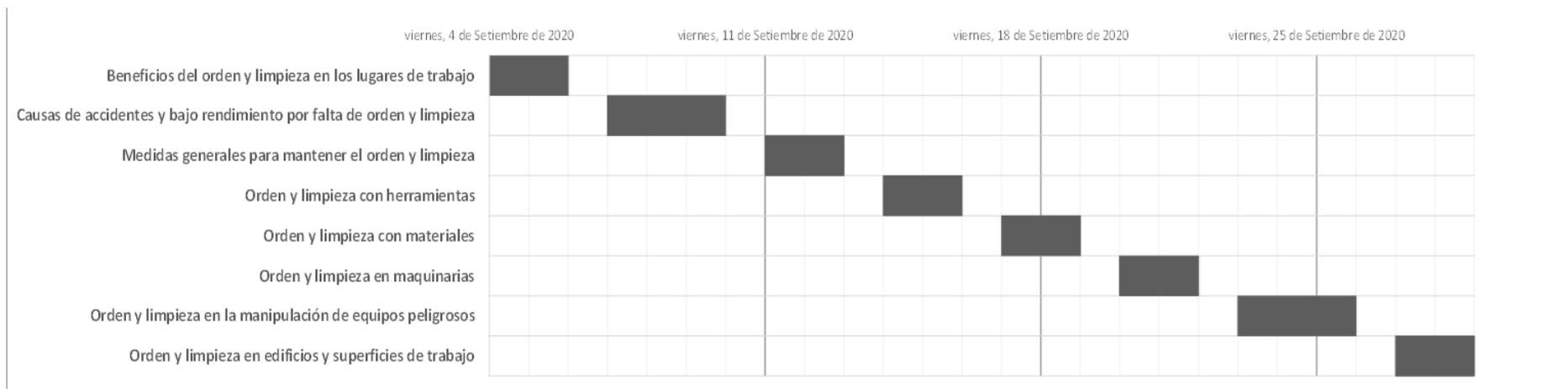
Anexo 7. Cronograma de capacitación

Cursos	Temas	Fecha	N° Sesiones	
Actualización de técnicas de soldadura	Procesos de soldadura	viernes, 7 de Agosto de 2020	2	
	Materiales de aporte	lunes, 10 de Agosto de 2020	2	
	Soldadura oxiacetilénica (autógena)	jueves, 13 de Agosto de 2020	2	
	Soldadura MIG-MAG (hilo)	domingo, 16 de Agosto de 2020	2	
	Soldadura TIG (Argón)	miércoles, 19 de Agosto de 2020	2	
	Calidad de la soldadura	sábado, 22 de Agosto de 2020	3	
	Evaluación de la soldadura	miércoles, 26 de Agosto de 2020	2	
	Pruebas destructivas, no destructivas, penetración, identificación y verificación	sábado, 29 de Agosto de 2020	3	
	Beneficios del orden y limpieza en los lugares de trabajo	viernes, 4 de Setiembre de 2020	2	
	Causas de accidentes y bajo rendimiento por falta de orden y limpieza	lunes, 7 de Setiembre de 2020	3	
Orden y limpieza en el trabajo	Medidas generales para mantener el orden y limpieza	viernes, 11 de Setiembre de 2020	2	
	Orden y limpieza con herramientas	lunes, 14 de Setiembre de 2020	2	
	Orden y limpieza con materiales	jueves, 17 de Setiembre de 2020	2	
	Orden y limpieza en maquinarias	domingo, 20 de Setiembre de 2020	2	
	Orden y limpieza en la manipulación de equipos peligrosos	miércoles, 23 de Setiembre de 2020	3	
	Orden y limpieza en edificios y superficies de trabajo	domingo, 27 de Setiembre de 2020	2	
	Introducción a planos mecánicos	viernes, 2 de Octubre de 2020	2	
	Sistemas de unión desmontable	lunes, 5 de Octubre de 2020	3	
	Lectura e interpretación de planos mecánicos	Cortes y secciones	viernes, 9 de Octubre de 2020	2
		Matemática de taller	lunes, 12 de Octubre de 2020	3
Acabados superficiales		viernes, 16 de Octubre de 2020	2	
Tolerancias		lunes, 19 de Octubre de 2020	2	
Engranajes		jueves, 22 de Octubre de 2020	2	
	Rodamientos	domingo, 25 de Octubre de 2020	2	

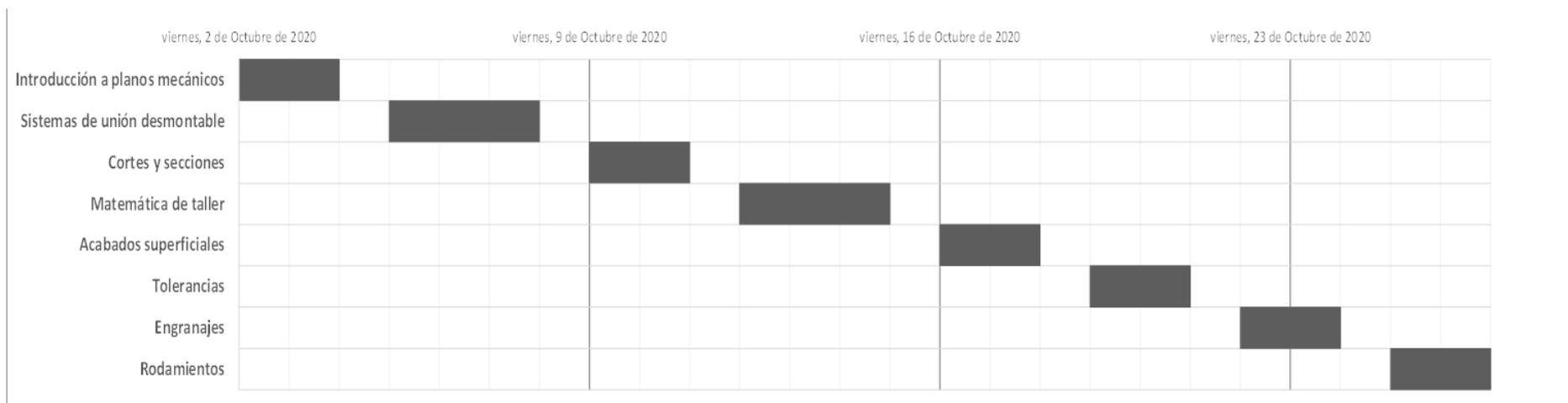
Anexo 8. Cronograma de capacitación – Actualización de técnicas de soldadura



Anexo 9. Cronograma de capacitación – Orden y limpieza en el trabajo



Anexo 10. Cronograma de capacitación – Lectura e interpretación de planos mecánicos



Anexo 11. Cronograma de pagos

Periodo	Monto Préstamo	Capital	Interes	Cuota
0	S/ 39,825.00			
1	S/ 39,046.84	S/ 778.16	S/ 763.68	S/ 1,541.84
2	S/ 38,253.75	S/ 793.09	S/ 748.76	S/ 1,541.84
3	S/ 37,445.45	S/ 808.29	S/ 733.55	S/ 1,541.84
4	S/ 36,621.66	S/ 823.79	S/ 718.05	S/ 1,541.84
5	S/ 35,782.07	S/ 839.59	S/ 702.25	S/ 1,541.84
6	S/ 34,926.38	S/ 855.69	S/ 686.15	S/ 1,541.84
7	S/ 34,054.28	S/ 872.10	S/ 669.74	S/ 1,541.84
8	S/ 33,165.45	S/ 888.82	S/ 653.02	S/ 1,541.84
9	S/ 32,259.58	S/ 905.87	S/ 635.98	S/ 1,541.84
10	S/ 31,336.35	S/ 923.24	S/ 618.61	S/ 1,541.84
11	S/ 30,395.40	S/ 940.94	S/ 600.90	S/ 1,541.84
12	S/ 29,436.42	S/ 958.99	S/ 582.86	S/ 1,541.84
13	S/ 28,459.04	S/ 977.37	S/ 564.47	S/ 1,541.84
14	S/ 27,462.93	S/ 996.12	S/ 545.73	S/ 1,541.84
15	S/ 26,447.71	S/ 1,015.22	S/ 526.63	S/ 1,541.84
16	S/ 25,413.02	S/ 1,034.69	S/ 507.16	S/ 1,541.84
17	S/ 24,358.50	S/ 1,054.53	S/ 487.32	S/ 1,541.84
18	S/ 23,283.75	S/ 1,074.75	S/ 467.10	S/ 1,541.84
19	S/ 22,188.39	S/ 1,095.36	S/ 446.49	S/ 1,541.84
20	S/ 21,072.03	S/ 1,116.36	S/ 425.48	S/ 1,541.84
21	S/ 19,934.26	S/ 1,137.77	S/ 404.07	S/ 1,541.84
22	S/ 18,774.67	S/ 1,159.59	S/ 382.26	S/ 1,541.84
23	S/ 17,592.85	S/ 1,181.82	S/ 360.02	S/ 1,541.84
24	S/ 16,388.36	S/ 1,204.49	S/ 337.36	S/ 1,541.84
25	S/ 15,160.78	S/ 1,227.58	S/ 314.26	S/ 1,541.84
26	S/ 13,909.66	S/ 1,251.12	S/ 290.72	S/ 1,541.84
27	S/ 12,634.54	S/ 1,275.11	S/ 266.73	S/ 1,541.84
28	S/ 11,334.98	S/ 1,299.57	S/ 242.28	S/ 1,541.84
29	S/ 10,010.49	S/ 1,324.49	S/ 217.36	S/ 1,541.84
30	S/ 8,660.60	S/ 1,349.88	S/ 191.96	S/ 1,541.84
31	S/ 7,284.84	S/ 1,375.77	S/ 166.07	S/ 1,541.84
32	S/ 5,882.68	S/ 1,402.15	S/ 139.69	S/ 1,541.84
33	S/ 4,453.65	S/ 1,429.04	S/ 112.81	S/ 1,541.84
34	S/ 2,997.20	S/ 1,456.44	S/ 85.40	S/ 1,541.84
35	S/ 1,512.83	S/ 1,484.37	S/ 57.47	S/ 1,541.84
36	-S/ 0.00	S/ 1,512.83	S/ 29.01	S/ 1,541.84
Totales		S/ 39,825.00	S/ 15,681.39	S/ 55,506.39

Anexo 12. *Ingresos mensuales por cañerías*

MES	CANT. VENDIDA	PRECIO PROM	INGRESOS
Marzo,2018	154	S/ 117.00	S/ 18,018.00
Abril,2018	143	S/ 117.00	S/ 16,731.00
Mayo,2018	128	S/ 117.00	S/ 14,976.00
Junio,2018	120	S/ 117.00	S/ 14,040.00
Julio,2018	125	S/ 117.00	S/ 14,625.00
Agosto,2018	126	S/ 117.00	S/ 14,742.00
Setiembre,2018	118	S/ 117.00	S/ 13,806.00
Octubre,2018	115	S/ 117.00	S/ 13,455.00
Noviembre,2018	109	S/ 117.00	S/ 12,753.00
Diciembre,2018	101	S/ 117.00	S/ 11,817.00
Enero,2019	100	S/ 117.00	S/ 11,700.00
Febrero,2019	95	S/ 117.00	S/ 11,115.00
Marzo,2019	92	S/ 117.00	S/ 10,764.00

Anexo 13. *Variación de ingresos mensuales por cañerías*

MES	INGRESOS	Variación	% Variación
Marzo,2018	S/ 18,018.00	-	0.00%
Abril,2018	S/ 16,731.00	- 1,287.00	-7.14%
Mayo,2018	S/ 14,976.00	- 3,042.00	-16.88%
Junio,2018	S/ 14,040.00	- 3,978.00	-22.08%
Julio,2018	S/ 14,625.00	- 3,393.00	-18.83%
Agosto,2018	S/ 14,742.00	- 3,276.00	-18.18%
Setiembre,2018	S/ 13,806.00	- 4,212.00	-23.38%
Octubre,2018	S/ 13,455.00	- 4,563.00	-25.32%
Noviembre,2018	S/ 12,753.00	- 5,265.00	-29.22%
Diciembre,2018	S/ 11,817.00	- 6,201.00	-34.42%
Enero,2019	S/ 11,700.00	- 6,318.00	-35.06%
Febrero,2019	S/ 11,115.00	- 6,903.00	-38.31%
Marzo,2019	S/ 10,764.00	- 7,254.00	-40.26%

Anexo 14. Resultados esperados por la propuesta de mejora

N° CR	PROPUESTA DE MEJORA	VALOR ACTUAL	VALOR META	VALOR LOGRADO
CR1	MRP II	0%	80%	80%
CR2	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	0%	80%	80%
CR3	MÉTODO GUERCHET	18.33 min	6.00 min	5.17 min
CR4	MRP II	0%	80%	80%
CR5	PLAN DE CAPACITACIÓN	0%	80%	80%

Anexo 15. Resultados esperados por la propuesta de mejora

N° CR	PROPUESTA DE MEJORA	PÉRDIDAS INICIALES		PÉRDIDAS LUEGO DE LA PROPUESTA DE MEJORA	
CR1	MRP II	S/	12,519.00	S/	2,503.80
CR2	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	S/	15,744.00	S/	1,698.00
CR3	MÉTODO GUERCHET	S/	9,465.30	S/	2,489.70
CR4	MRP II	S/	12,519.00	S/	2,503.80
CR5	PLAN DE CAPACITACIÓN	S/	6,084.00	S/	1,216.80
TOTAL		S/	56,331.30	S/	10,412.10