

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIAL**

**MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD, EN EL ÁREA DE
MECANIZADO TRANSFER PARA LA FABRICACIÓN DE GRIFERÍA
EN LA EMPRESA FRANZ VIEGENER, MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

DARWIN ANDERSON PACHACAMA GUALOTUÑA

DIRECTOR: ING. ROBERTO ULPIANO MEJÍA FLORES MSc.

Quito, Diciembre 2019

© Escuela Politécnica Nacional (2019)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Darwin Anderson Pachacama Gualotuña, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Darwin Anderson Pachacama Gualotuña

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darwin Anderson Pachacama Gualotuña, bajo mi supervisión

Ing. Roberto Mejía MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor Ing. Roberto Ulpiano Mejía Flores MSc, al Ing. Juan Patricio Castillo Domínguez, Ph.D, por la ayuda que se brindó para el desarrollo del presente proyecto de titulación. Además agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por ser parte en mi formación académica.

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación dedico a mis padres José Pachacama y Yolanda Gualotuña por el apoyo incondicional brindado durante toda mi vida, a mis queridos abuelos Cornelio Gualotuña y María Transito (+) un dios les pague por la enseñanza del valor del esfuerzo y lucha constancia por perseguir mis objetivos y estar siempre cuando los he necesitado, a mi hermano David Pachacama por el apoyo incondicional durante la realización del presente proyecto de titulación.

A mí querida esposa Patricia (la luz de mis ojos) que siempre me brindo su apoyo para culminar este reto, Gracias totales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Productividad	1
1.1.1. Medición de la productividad	1
1.1.2. Causas que afectan a la productividad	2
1.1.3. Como mejorar la productividad	3
1.1.4. Herramientas básicas para mejorar la productividad	3
1.1.5. Mantenimiento y productividad	4
1.1.5.1. Objetivos del mantenimiento	5
1.1.5.2. Tipos de mantenimiento.	5
1.2. Estudio del trabajo	6
1.2.1. Ramas del estudio del trabajo	7
1.2.1.1. Estudio de tiempos	7
1.2.1.2. Estudio de movimientos	7
1.2.2. Técnicas del estudio del trabajo	7
1.2.2.1. El estudio de métodos	7
1.2.2.2. Objetivos del estudio de métodos	8
1.2.2.3. Procedimientos del estudio de métodos	8
1.2.2.4. Selección de las tareas	8
1.2.2.5. Observar y documentar el método	9
1.2.2.6. Análisis del método	10
1.2.2.7. Desarrollar el nuevo método	10
1.2.2.8. Adiestramiento a los operarios	11
1.2.2.9. Implementar el nuevo método	12
1.2.2.10. Verificar el nuevo método	12

1.2.3. Aspectos adicionales para el análisis de los factores que influyen en la productividad	12
1.2.3.1. Higiene y seguridad laboral	12
1.2.3.2. Ergonomía	13
1.3. La medición del trabajo	13
1.3.1. Estudio de tiempos con cronómetro	15
1.3.1.1. Seleccionar el trabajo	15
1.3.1.2. Análisis del trabajo	16
1.3.1.3. Dividir el trabajo en elementos	16
1.3.1.4. Ejecutar mediciones de prueba y ejecutar muestra inicial	16
1.3.1.5. Determinar el tamaño de la muestra	17
1.3.1.6. Cronometrar	18
1.3.1.7. Calificar la actuación del operario	18
1.3.1.8. Determinar tolerancias y suplementos	19
1.3.1.9. Cálculo del tiempo estándar	20
1.3.2. Muestreo del trabajo	21
1.4. Metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	21
1.4.1. Definición	21
1.4.2. Orígenes y antecedentes	21
1.4.3. Principios del sistema lean	22
1.4.3.1. Identificar la corriente valor	22
1.4.3.2. Índice de valor añadido	23
1.4.4. Enemigos de la calidad y productividad 3M	25
1.4.4.1. Muda	25
1.4.4.2. Mura	25
1.4.4.3. Murí	26
1.4.5. Indicadores de productividad	26
1.4.5.1. Talk time (TT)	26
1.4.5.2. Eficiencia general de los equipos (OEE)	26

1.4.5.3. Eficiencia del ciclo del proceso (ECP)	27
1.4.6. Terminología adicional	27
1.4.6.1. Control visual	27
1.4.6.2. Flujo continuo	28
1.4.6.3. Flujo tirado	28
1.4.6.4. Poka yoke	28
1.4.6.5. Talk time	28
1.4.6.6. Tiempo de proceso	29
1.4.6.7. Tiempo de respuesta o lead time	29
1.4.6.8. Valor añadido	29
1.4.6.9. Mantenimiento productivo total	29
1.4.6.10. Tiempos de cambio	29
1.4.7. Técnicas lean	30
1.4.7.1. Mapeo de la cadena de valor VSM	30
1.4.7.2. Las 5 S	33
1.4.7.3. Cambio de herramientas en pocos minutos (SMED)	35
1.4.7.4. Mantenimiento total productivo TPM	36
1.4.7.5. Control visual	38
1.4.7.6. Kaizen	39
2. METODOLOGÍA	40
2.1. Descripción de la empresa y la situación actual del proceso de producción del área de mecanizado transfer	40
2.2. Análisis de la producción	42
2.2.1. Proceso de estampado	45
2.2.2. Proceso de corte en prensa	45
2.2.3. Proceso de granallado	46
2.2.4. Proceso de mecanizado	46

2.2.5. Proceso de empaque	47
2.3. Establecimiento de un plan de mejoras, con base en la metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	47
2.4. Implantación de alternativas de mejora, con base en la metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	48
2.5. Evaluación de la productividad del área de mecanizado transfer luego de la implementación de metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	51
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1. Descripción del área de mecanizado transfer para la fabricación de grifería antes de la implementación	53
3.2. Análisis de la producción	54
3.2.1. Proceso de estampado	56
3.2.2. Proceso de corte en prensa	59
3.2.3. Proceso de granallado	62
3.2.4. Proceso de mecanizado	65
3.2.5. Proceso de empaque	69
3.2.6. Mapeo de la cadena de valor actual	83
3.3. Establecimiento de un plan de mejoras con base en la metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	85
3.4. Implantación de alternativas de mejora, con base en la metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	86
3.5. Evaluación de la productividad del área de mecanizado luego de la implementación de metodología “ <i>Lean Manufacturing</i> ”	95
3.5.1. Proceso de Estampado	95
3.5.2. Proceso de Corte en prensa	97
3.5.3. Proceso de Granallado	100
3.5.4. Proceso de Mecanizado	103
3.5.5. Proceso de Empaque	106
3.5.7. Mapeo de la cadena de valor futuro	118

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
4.1. Conclusiones	124
4.2. Recomendaciones	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Número de observaciones recomendado para el estudio de tiempos	17
Tabla 1.2.	Criterios de evaluación del desempeño para realizar un trabajo	18
Tabla 1.3.	Preguntas para identificar el flujo de valor en los procesos	23
Tabla 1.4.	Clasificación de la instalación de acuerdo al valor OEE	27
Tabla 1.5.	Simbología del VSM	32
Tabla 1.6.	Evaluación del número de prioridad de riegos	37
Tabla 2.1.	Productos elaborados en el área de mecanizado transfer	41
Tabla 2.2.	Tolerancias recomendadas por la organización internacional del trabajo	44
Tabla 2.3.	Masa de latón proceso de estampado	45
Tabla 2.4.	Masa de latón proceso de corte en prensa	45
Tabla 2.5.	Masa de latón proceso de granallado	46
Tabla 2.6.	Masa de latón proceso de mecanizado	46
Tabla 2.7.	Masa de latón proceso de empaque	47
Tabla 3.1.	Selección de productos tipo E que comparte el mismo proceso de fabricación	55
Tabla 3.2.	Índice de valor añadido proceso de estampado	59
Tabla 3.3.	Índice de valor añadido proceso de corte en prensa	62
Tabla 3.4.	Índice de valor añadido del proceso de granallado	65
Tabla 3.5.	Índice de valor añadido del proceso de mecanizado	69
Tabla 3.6.	Índice de valor añadido del proceso de empaque	73
Tabla 3.7.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de estampado	74

Tabla 3.8.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso corte en prensa	75
Tabla 3.9.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso granallado	76
Tabla 3.10.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de mecanizado	77
Tabla 3.11.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de empaque	78
Tabla 3.12.	Tiempos de ciclo, básico y estándar de cada proceso antes de implementar mejoras	79
Tabla 3.13.	Takt time de los procesos antes de implementar mejoras	79
Tabla 3.14.	Productividad de los procesos antes de implementar mejoras	80
Tabla 3.15.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de estampado antes de implementar mejoras	80
Tabla 3.16.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de corte en prensa antes de implementar mejoras	81
Tabla 3.17.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de granallado antes de implementar mejoras	81
Tabla 3.18.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de mecanizado antes de implementar mejoras	82
Tabla 3.19.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de empaque antes de implementar mejoras	82
Tabla 3.20.	Indicador OEE de cada proceso antes de implementar mejoras	83
Tabla 3.21.	Técnicas <i>Lean</i> seleccionadas para cada proceso del área de mecanizado Transfer	86
Tabla 3.22.	FMEA para equipo del proceso de estampado	92
Tabla 3.23.	FMEA para equipo del proceso de corte en prensa	93
Tabla 3.24.	FMEA para equipo del proceso de mecanizado	94

Tabla 3.25.	Índice de valor añadido proceso de estampado después de implementar mejoras	97
Tabla 3.26.	Índice de valor añadido proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	100
Tabla 3.27.	Índice de valor añadido proceso de granallado después de implementar mejoras	103
Tabla 3.28.	Índice de valor añadido proceso de mecanizado después de implementar mejoras	106
Tabla 3.29.	Índice de valor añadido proceso de empaque después de implementar mejoras	109
Tabla 3.30.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de estampado después de implementar mejoras	110
Tabla 3.31.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	111
Tabla 3.32.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de granallado después de implementar mejoras	112
Tabla 3.33.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de mecanizado después de implementar mejoras	113
Tabla 3.34.	Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de empaque después de implementar mejoras	114
Tabla 3.35.	Tiempos ciclo, básico y estándar de cada proceso después de implementar mejoras	115
Tabla 3.36.	Takt time de los procesos después de implementar mejoras	115
Tabla 3.37.	Productividad de los procesos después de implementar mejoras	116
Tabla 3.38.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de estampado después de implementar mejoras	116
Tabla 3.39.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	117

Tabla 3.40.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de granallado después de implementar mejoras	117
Tabla 3.41.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de mecanizado después de implementar mejoras	118
Tabla 3.42.	Valor de eficiencia del ciclo del proceso de empaque después de implementar mejoras	118
Tabla 3.43.	Indicador OEE de cada proceso después de implementar mejoras	119
Tabla 3.44.	Comparación de los tiempos de ciclo del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de <i>Lean Manufacturing</i> .	121
Tabla 3.45.	Comparación de la productividad del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de <i>Lean Manufacturing</i> .	122
Tabla 3.46.	Comparación del indicador OEE del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de <i>Lean Manufacturing</i> .	122
Tabla 3.47.	Comparación de la eficiencia del ciclo del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de <i>Lean Manufacturing</i> .	123
Tabla AIII.1	Actividades y tiempos observados en el proceso de estampado	134
Tabla AIII.2	Actividades y tiempos observados en el proceso de corte en prensa	135
Tabla AIII.3	Actividades y tiempos observados en el proceso de granallado	136
Tabla AIII.4	Actividades y tiempos observados en el proceso de mecanizado	136
Tabla AIII.5	Actividades y tiempos observados en el proceso de empaque	138
Tabla AIII.6	Actividades y tiempos observados en el proceso de estampado después de implementar las mejoras	139

Tabla AIII.7	Actividades y tiempos observados en el proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	141
Tabla AIII.8	Actividades y tiempos observados en el proceso de granallado después de implementar mejoras	141
Tabla AIII.9	Actividades y tiempos observados en el proceso de mecanizado después de implementar mejoras	142
Tabla AIII.10	Actividades y tiempos observados en el proceso de empaque después de implementar mejoras	143
Tabla AIV.1	Determinación del tamaño de muestra y tiempos de ciclos observados	144
Tabla AVI.1	Identificación del flujo de valor proceso de estampado	151
Tabla AVI.2	Identificación del flujo de valor proceso de corte en prensa	152
Tabla AVI.3	Identificación del flujo de valor proceso de granallado	153
Tabla AVI.4	Identificación del flujo de valor proceso de mecanizado	154
Tabla AVI.5	Identificación del flujo de valor proceso de empaque	156
Tabla AVI.6	Identificación del flujo de valor proceso de estampado después de implementar mejoras	156
Tabla AVI.7	Identificación del flujo de valor proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	158
Tabla AVI.8	Identificación del flujo de valor proceso de granallado después de implementar mejoras	158
Tabla AVI.9	Identificación del flujo de valor proceso de mecanizado después de implementar mejoras	159
Tabla AVI.10	Identificación del flujo de valor proceso de empaque después de implementar mejoras	160
Tabla AVII.1	Costos materia prima de cada proceso	162
Tabla AVII.2	Costo mano de obra de cada proceso	162
Tabla AVII.3	Costo de energía de cada proceso	162

Tabla AVII.4	Costos materia prima de cada proceso después de implementar mejoras	163
Tabla AVII.5	Costo mano de obra de cada proceso después de implementar mejoras	163
Tabla AVII.6	Costo de energía de cada proceso después de implementar mejoras	163
Tabla AVIII.1	Indicador OEE para el proceso de estampado	164
Tabla AVIII.2	Indicador OEE para el proceso de corte en prensa	164
Tabla AVIII.3	Indicador OEE para el proceso de granallado	165
Tabla AVIII.4	Indicador OEE para el proceso de mecanizado	165
Tabla AVIII.5	Indicador OEE para el proceso de empaque	165
Tabla AVIX.1	Lista de chequeo del cumplimiento de 5S después de implementar mejoras	166
Tabla AVIX.2	Lista de chequeo del cumplimiento de SMED después de implementar mejoras	168
Tabla AVIX.3	Lista de chequeo del cumplimiento de TPM después de implementar mejoras	169

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Tiempo total de operación en un proceso	2
Figura 1.2.	Composición del tiempo estándar	20
Figura 1.3.	Índice de valor añadido	24
Figura 1.4.	Tiempo total de operación	38
Figura 3.1.	Cursograma sinóptico general de producción transfer	54
Figura 3.2.	Diagrama Pareto de productos vendidos durante el año 2016	55
Figura 3.3.	Cursograma sinóptico proceso de estampado	56
Figura 3.4.	Cursograma analítico del proceso de estampado	58
Figura 3.5.	Cursograma sinóptico del proceso de corte en prensa	60
Figura 3.6.	Cursograma analítico del proceso de corte en prensa	61
Figura 3.7.	Cursograma sinóptico del proceso de granallado	63
Figura 3.8.	Cursograma analítico del proceso de granallado	64
Figura 3.9.	Cursograma analítico del proceso de mecanizado	66
Figura 3.10.	Cursograma analítico del proceso de mecanizado	68
Figura 3.11.	Cursograma analítico del proceso de empaque	70
Figura 3.12.	Cursograma analítico del proceso de empaque	72
Figura 3.13.	Mapa de cadena de valor actual del área de mecanizado transfer del producto E de grifería antes de implementar mejoras	84
Figura 3.14.	Diagrama Pareto de la principales causas de parada durante la producción de grifería tipo E	85
Figura 3.15.	Cursograma sinóptico del proceso de estampado después de implementar mejoras	95
Figura 3.16.	Cursograma analítico del proceso de estampado después de implementar mejoras	96

Figura 3.17.	Cursograma sinóptico del proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	98
Figura 3.18.	Cursograma analítico del proceso de corte en prensa después de implementar mejoras	99
Figura 3.19.	Cursograma sinóptico del proceso de granallado después de implementar mejoras	101
Figura 3.20.	Cursograma analítico del proceso de granallado después de implementar mejoras	102
Figura 3.21.	Cursograma sinóptico del proceso de mecanizado después de implementar mejoras	104
Figura 3.22.	Cursograma analítico del proceso de mecanizado después de implementar mejoras	105
Figura 3.23.	Cursograma sinóptico del proceso de empaque después de implementar mejoras	107
Figura 3.24.	Cursograma analítico del proceso de empaque después de implementar mejoras	108
Figura 3.25.	Mapa de cadena de valor actual del área de mecanizado transfer de la grifería tipo E después de implementar mejoras	120
Figura AI.1	Layout inicial del área de producción mecanizado transfer	131
Figura AI.2	Layout final del área de producción mecanizado transfer	132
Figura AII.1	Uso de equipos de protección por puesto de trabajo	133
Figura AV.1	Diagrama de recorrido de los procesos de estampado, corte en prensa y granallado	147
Figura AV.2	Diagrama de recorrido del proceso de mecanizado y empaque	148
Figura AV.3	Diagrama de recorrido de los procesos de estampado, corte en prensa y granallado después de implementar mejoras	149
Figura AV.4	Diagrama de recorrido del proceso de mecanizado y empaque antes de implementar mejoras	150

Figura AVIII.1 Fotografías de los procesos antes y después de la implementación de la metodología *lean manufacturing*

172

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Layout inicial y final del área de mecanizado transfer	131
ANEXO II	
Equipos de protección por proceso de trabajo	133
ANEXO III	
Tiempos observados en los procesos de fabricación de grifería del área transfer de la familia seleccionada	134
ANEXO IV	
Justificación del tamaño de muestra y ejemplos de cálculo de indicadores de productividad.	144
ANEXO V	
Diagrama de recorrido de los proceso antes de la implementacion de la metodologia lean manufacturing	147
ANEXO VI	
Identificación de flujo de valor para el área de mecanizado transfer	151
ANEXO VII	
Costo de insumos para el área de mecanizado transfer	162

ANEXO VIII

Indicador oee (eficiencia general de los equipos) para el área de mecanizado transfer	164
---	-----

ANEXO IX

Lista de chequeo de las tecnicas lean implantadas	166
---	-----

ANEXO X

Fotografias de la planta antes y después de la implementación	171
---	-----

RESUMEN

El desarrollo del presente proyecto de titulación fue la implementación de herramientas *Lean Manufacturing* para mejorar la productividad en la sección de mecanizado transfer. Como primer paso se seleccionó el producto tipo E de grifería que comparten el mismo proceso de fabricación, en el cual se va a implementar las mejoras, para lo cual se levantó un plano a escala de las instalaciones para registrar y analizar las actividades del proceso. Con la información levantada se realizó la secuencia de operaciones del proceso mediante un cursograma sinóptico, cursograma analítico, diagrama de recorrido y para la medición del trabajo se utilizó el método por cronometraje. Una vez identificadas las actividades que no agregan valor al producto se eliminaron y se redujeron los tiempos de las actividades que agregan valor al producto para mejorar la productividad del área de mecanizado transfer, fue necesario aplicar las técnicas de la metodología *Lean Manufacturing* como: 5S, SMED, TPM y VSM con la implementación se logró reducir los tiempos de entrega de 21,2 días a 6,7 días, también, se implementó el indicador de eficiencia global de los equipos OEE en los procesos. La productividad incrementó en cada proceso después de la implementación la metodología *Lean Manufacturing*: en el proceso de estampado se incrementó en 1,05 %, en el proceso de corte en prensa se incrementó en 0,27 %, en el proceso de granallado se incrementó en 0,18 %, en el proceso de mecanizado se incrementó en 5,27 % y en el proceso de empaque se incrementó el 5,79 % de productividad.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en el área de mecanizado transfer de la planta de producción de grifería Franz Viegener, en el cual se fabrican aproximadamente 350 artículos de grifería, de los cuales el 60 % pertenece al área de mecanizado transfer. Los programas de producción del área de mecanizado transfer son llevados a una planificación por lotes variables de fabricación, semanal y mensual, de acuerdo a un pronóstico mensual de ventas que es realizado por el departamento de planificación de la producción. Actualmente, la fabricación de grifería no alcanza los resultados esperados, dificultades como: el retraso de los lotes de producción para el cumplimiento de los pedidos, el bajo nivel de programación, las dificultades ergonómicas que presentan los trabajadores a la hora de desempeñar sus actividades, han limitado la capacidad operativa en esta área de producción.

La productividad es el cociente entre el número de bienes que se producen y la cantidad de recursos utilizados como: mano de obra, materiales, energía, instalaciones, máquinas y herramientas, por tanto el aumento de la productividad implica una mejor utilización de los recursos (Zandin, 2005, pp. 2-3).

La metodología *Lean Manufacturing* es un modelo para la gestión de la producción, ayuda a determinar los puntos en los cuales el proceso productivo sufre estancamientos y la eliminación de los mismos. Esta actividad se logra mediante el preciso uso de los recursos, tales como: tiempo, materia prima, mano de obra, maquinaria, adicionalmente ayuda a mejorar un sistema de producción enfocado al cliente (Hernández y Vizán, 2013, p. 10)

La importancia de la realización del presente trabajo es la posible eliminación de las operaciones o actividades que no agregan valor al producto durante el proceso de fabricación de grifería en el área de mecanizado transfer. Adicionalmente la mejora de las operaciones permite alcanzar un incremento en

la producción en los procesos de estudio y también busca la disminución de la variación del proceso de fabricación actual.

Las mejoras se realizan en primera instancia con los recursos disponibles y de ser necesario se solicitara mano de obra adicional o maquinaria. Con el desarrollo de este estudio el graduado aplicará los conocimientos que se adquirieron como: diseño de sistemas de producción, medición del trabajo, estadística y estudio de metodología *Lean Manufacturing*, para mejorar la productividad en el área de mecanizado transfer.

Objetivo general:

- Mejorar la productividad, en el área de mecanizado transfer para la fabricación de grifería en la empresa Franz Viegner, mediante la implementación de la metodología *Lean Manufacturing*

Objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación actual en el área de mecanizado transfer para la fabricación de grifería
- Determinar alternativas de mejora para el área de mecanizado transfer
- Implementar las alternativas de mejora para el área de mecanizado, con base en la metodología *Lean Manufacturing*
- Evaluar la efectividad de la implementación de las mejores propuestas en el área de mecanizado transfer.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. PRODUCTIVIDAD

La productividad es el cociente entre el número de bienes que se producen y la cantidad de recursos utilizados como; mano de obra, materiales, energía, instalaciones, máquinas y herramientas, por tanto el aumento de la productividad implica mejorar la utilización de los recursos (Zandin, 2005, pp. 2 y 3)

La productividad es fabricar productos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos utilizados (mano de obra y capital). Al utilizar de forma eficaz la transformación de los recursos, los resultados son reflejados con el ahorro de los insumos (García, 2005, p. 9)

1.1.1. MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

La productividad es un indicador que se utiliza para conocer la eficiencia de los recursos utilizados, La productividad son las unidades producidas y todos los recursos que interviene en el proceso productivo en un determinado ciclo o periodo de trabajo, como mano de obra, material, energía, etc. (Heizer y Render, 2007, p. 18)

La Ecuación 1.2 indica la productividad de múltiples factores.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Insumos empleados.}} \quad [1.1]$$

1.1.2. CAUSAS QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD

Las principales causas que generan tiempo improductivo son: ausentismo de personal, falta de materia prima, paradas programadas, máquinas paradas por mantenimiento no programados y deficiencias por la dirección. Estas causas provocan que el tiempo de fabricación se incremente lo cual afecta a la productividad como se observa en la Figura 1.1 (Velasco, 2014, p. 56).

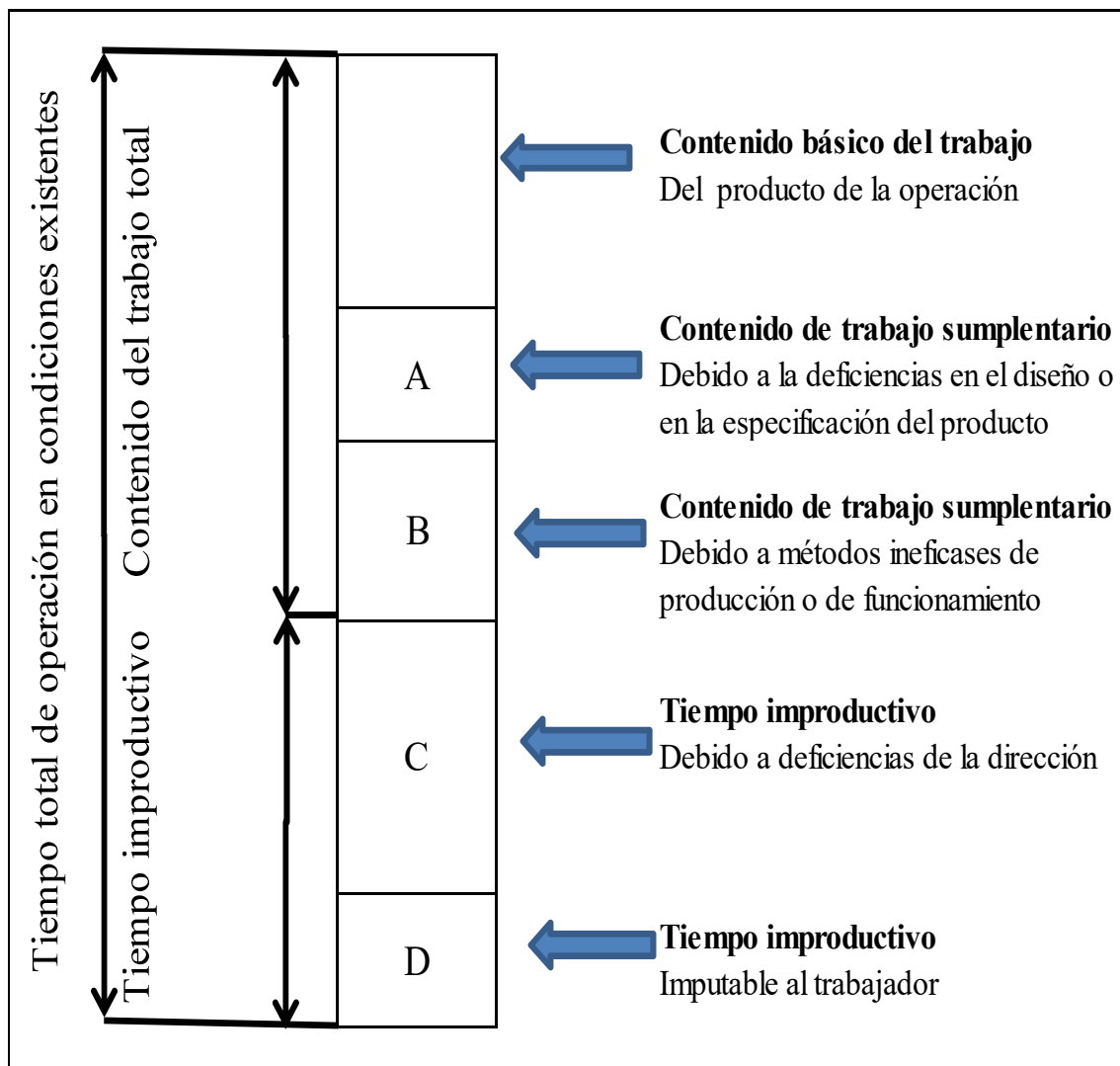


Figura 1.1. Tiempo total de operación en un proceso
(Velasco, 2014, p. 56)

1.1.3. COMO MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

La mejora de la productividad puede darse de dos maneras: si se reduce las entradas pero las salidas permanecen constantes. Se entiende como entradas a los recursos utilizados como: mano de obra, materia prima, energía y capital que se encargan de transformar en salidas (Heizer y Render, 2007, p. 22).

Para mejorar la productividad se requiere de una capacitación constante de la mano de obra y de una buena alimentación, para que pueda desempeñar de mejor manera sus actividades diarias. Además, se evalúa la mano de obra de forma constante sus habilidades y destrezas es sus puesto de trabajo, de esta manera ayuda a incrementar la productividad en la industria, en muchas compañías contratan por su bajo costo personal con analfabetismo, lo cual impide a corto plazo mejorar la productividad (Heizer y Render, 2009, p. 17).

Los proyectos de mejora de la productividad se respaldan por alta gerencia, quienes apoyan el desarrollo de los mismos al establecer objetivos corporativos y toma de decisiones alineadas con las metas a alcanzar. El personal técnico como son: supervisores, jefes de planta y producción realizan el diagnóstico actual de los procesos y las diferentes alternativas o planes de mejora a corto o largo plazo, además al implementar estas alternativas de mejora se busca eliminar actividades que no agregan valor al producto y que limitan la productividad.

1.1.4. HERRAMIENTAS BÁSICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Son herramientas que ayudan a encontrar el 80 % de los problemas que se presentan dentro de una compañía, para aplicar correctamente estas herramientas se requiere estar involucrado de forma directa en el proceso, de esta manera determinar las falencias que se presentan durante proceso productivo y mejorar (Gutiérrez y Vara, 2015, p. 140).

A continuación se indican varias herramientas:

- Diagrama Pareto
- Histogramas
- Hoja de verificación
- Gráficas de control
- Diagrama causa-efecto
- Lluvia de ideas
- Diagrama de dispersión

1.1.5. MANTENIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD

El mantenimiento de los equipos se considera un pilar dentro de la organización, ya que permite maximizar la disponibilidad de los equipos y minimizar los paros imprevistos durante la jornada laboral, de esta manera busca incrementar la productividad, rentabilidad y competitividad dentro de la industria.

Cabe señalar que las empresas a nivel mundial pierden dinero por no aprovechar la máxima capacidad de los equipos, esto se debe al desconocimiento de la dirección al no dar la importancia necesaria al considerar al mantenimiento como una actividad que es parte del proceso y que no se debe mejorar, lo cual ocasiona la falta de interés de los responsables en cumplir los mantenimientos. Además, se tiene como resultado paros de los equipos durante el proceso productivo, esto impide el desarrollo y crecimiento de la empresa (García, 2012, p. 16).

Un proceso de mantenimiento bien administrado ayuda a mejorar la utilización de los equipos, de esta manera cumplir con los cronogramas de producción, calidad del producto que requiere el cliente y reducir costos de producción, cuando se implementa dentro de la empresa mejora su competitividad, cabe señalar que la empresa debe tener una jefatura de mantenimiento integral que permita desarrollar programas de mejoramiento continuo del sistema, para la

conservación de equipos y demás activos, de esta manera prolongar la vida útil y un correcto funcionamiento en los equipos (Hartmann, 2013, p. 16, 66; García, 2012, p. 28).

1.1.5.1. Objetivos del mantenimiento

En las empresas de manufactura el tiempo de operación puede llegar al 95%, pero por problemas estructurales los equipos trabajan a una capacidad de producción del 50 % y 70 %, esto es un claro indicador que hay pérdidas que no se encuentran definidas o informadas, también se denomina pérdidas ocultas, estas son pausas breves durante la jornada laboral que no están en planificación ni debidamente con registro, de esta manera provoca pérdidas en la velocidad operativa y el continuo flujo del proceso (Hartmann, 2013, p. 16. 66).

El objetivo del mantenimiento es tener disponibilidad de los equipos con su máxima capacidad de producción con mínimo de paras por mantenimiento y un menor costo en reparaciones e inventario de repuestos, de esta manera se busca prolongar la vida útil de los equipos y de reducir los tiempos improductivos durante el proceso de transformación de los recursos para obtener un bien o producto (Hartmann, 2013, p. 16.66; García, 2012, p. 28)

1.1.5.2. Tipos de mantenimiento.

Existen varias maneras de realizar mantenimiento industrial, adicionalmente se puede dividir en dos grupos; mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo (García, 2012, p. 41).

El mantenimiento correctivo, se produce por averías inesperadas que ocasionan fallas en los equipos, sea esta por la mala ubicación en las instalaciones, impericia del personal operativo. Estas fallas reducen la disponibilidad en los equipos y generan trabajo no planificado al personal de mantenimiento. Además

este sistema de mantenimiento es el más usado en la mayoría de empresas ya que no se requiere mucho conocimiento y menor esfuerzo, debido a que se encuentra identificado la falla, adicionalmente requiere más horas de trabajo y de improvisar repuestos, con la desventaja del incremento de tiempo y costo de mantenimiento (Dounce, 2007, p. 43).

El mantenimiento preventivo, permite diagnosticar el desgaste y su pérdida de calidad en el servicio del equipo antes que suceda, adicionalmente se determina mediante inspecciones diarias en un periodo de tiempo de funcionamiento del equipo, en el cual se registra el funcionamiento del equipo, de esta manera reducir averías y paros imprevistos, además de planificar recursos e insumos para el mantenimiento preventivo (Dounce, 2007, p. 44).

1.2. ESTUDIO DEL TRABAJO

El objetivo es observar las tareas que se involucran en realizar una actividad y mejorar el método con el que se realiza esta, de esta manera reducir el trabajo excesivo o innecesario y fijar un tiempo estándar en ejecutar la actividad requerida. En la industria manufacturera el tiempo total de un trabajo se obtiene al considerar el tiempo que tarda un trabajador o una máquina en realizar un determinado producto, mediante la utilización eficiente de los recursos durante el proceso de productivo (Kanawaty, 1996, p. 9).

El estudio del trabajo también permite identificar problemas al realizar las actividades cotidianas en la jornada laboral y sus posibles alternativas de solución. Adicionalmente la información que se maneja durante el estudio de trabajo es revelador debido a que ponen en evidencia problemas entre los directores y obreros, lo cual impide la mejora de la productividad (Kanawaty, 1996, p. 19).

1.2.1. RAMAS DEL ESTUDIO DEL TRABAJO

1.2.1.1. Estudio de tiempos

Consiste en un análisis de los métodos empleados para realizar un trabajo. Además es una técnica que permite observar ritmos definidos de una tarea en determinadas condiciones, adicionalmente se mide el tiempo de una muestra del desempeño del obrero durante la tarea que se asigna y se define un tiempo observado promedio en realizar la tarea según normas preestablecidas (Kanawaty, 1996, p. 273; Heizer y Render, 2009, p. 413).

1.2.1.2. Estudio de movimientos

Son estudios de los movimientos del cuerpo humano para realizar una tarea o actividad, de esta manera eliminar movimientos innecesarios y establecer alternativas de mejora en la secuencia de movimientos favorables para realizar una tarea o actividad y de una correcta capacitación para su implementación (Cruelles, 2013a, p. 134)

1.2.2. TÉCNICAS DEL ESTUDIO DEL TRABAJO

1.2.2.1. El estudio de métodos

Consiste en aplicar procedimientos sistemáticos, para investigar los diferentes problemas que llegan a suscitar al realizar una tarea, y buscar las posibles soluciones. El objetivo principal es imaginar métodos lógicos más sencillos que se puedan implementar en la actividad o tarea requerida, de esta manera obtener la mejora en la tarea mediante la reducción de tiempos, costos, economizar esfuerzo humano y reducir fatiga innecesaria (Kanawaty, 1996, pp. 17 y 77).

1.2.2.2. Objetivos del estudio de métodos

El objetivo es mejorar la productividad, al aplicar técnicas y métodos que permitan el desarrollo de las actividades y que no dificulte su aprendizaje durante la implementación (Noori y Radford, 1997, p. 280).

- Mejorar procesos y procedimientos de operación
- Utilizar los materiales que se requieren y capacitación de la mano de obra
- Mejorar la distribución de equipos en planta
- Desarrollar un ambiente ergonómico para las actividades diarias de los empleados

1.2.2.3. Procedimientos del estudio de métodos

El procedimiento de estudio de métodos para su correcto diagnóstico se atribuye al seguimiento de los 7 pasos: selección de las tareas a estudiar, observar y documentar el método correcto para desempeñar las tareas seleccionadas, examinar el método de forma corriente, desarrollar el mejor método, definir el nuevo método, implementar el nuevo método, verificar de manera rutinaria que el nuevo método que se desarrolle de forma correcta y realizar un seguimiento de las actividades cuando se implemente el nuevo método.

1.2.2.4. Selección de las tareas

Las tareas que se seleccionan son aquellas que se repiten con frecuencia, de tal manera que es fácil detectar las áreas críticas que se presentan dentro de organización de forma diaria durante la jornada laboral y de priorizar los factores humanos, económicos y técnicos. De esta manera, resolver los factores que

tienen mayor impacto dentro de la empresa, en términos de costos, distancias y tiempo (Noori y Radford, 1997, p. 280).

1.2.2.5. Observar y documentar el método

Después de seleccionar la tarea a realizar, se detalla el método actual, mediante ayudas visuales donde se registra el proceso, para luego analizar y comparar con los nuevos métodos a implementar, adicionalmente se identifican las actividades que no agregan valor y se eliminan (Noori y Radford, 1997, p. 280).

Los diagramas que se utiliza para determinar el método son: diagramas de secuencia de operaciones, gráficos con escalas de tiempo y diagramas analíticos para medir desplazamientos (Baca Urbina et al., 2014 , pp. 178 -181).

Los diagramas que indican secuencia de operaciones son:

- Cursograma sinóptico, este diagrama utiliza símbolos que representan una secuencia de las actividades principales de inspección para realizar una tarea.
- Cursograma analítico, indica a detalle la consecución de actividades en una determinada tarea.

Los gráficos con escalas de tiempo y diagramas analíticos para medir distancias de desplazamientos son:

- Diagramas de actividades múltiples (trabajador-máquina), este diagrama es para disminuir las actividades simultáneas entre los trabajadores y la máquinas durante el proceso y pueden identificar el tiempo de inactividad del operario y de la máquina, de esta manera se puede asignar el número de máquinas pertinente para cada operador durante la jornada laboral.

Los diagramas analíticos para medir desplazamientos son:

- Diagrama de recorrido, este diagrama es complemento del cursograma analítico, porque permite observar datos cuantitativos del desplazamiento del trabajador, materiales y equipos, ayuda a una mejor distribución dentro del layout de la planta y de esta manera evitar recorridos innecesarios y economizar tiempo.

1.2.2.6. Análisis del método

Luego de documentar los registros, se debe analizar el método actual para identificar actividades que se puedan mejorar y se puedan implementar. Además de plantearse las siguientes preguntas (Noori y Radford, 1997, p. 281):

¿Cuál es el propósito de esa operación?

¿Por qué las tareas se desarrollan en este orden?

¿Quién desempeña cada operación y por qué la ejecuta esta persona?

¿Dónde se realiza esa operación y por qué se realiza allí?

¿Por qué se especificó ese material?

1.2.2.7. Desarrollar el nuevo método

Mediante la recopilación de la información en las Secciones 1.2.2.5 y 1.2.2.6 se pudo comparar métodos alternativos y de esta manera se pudo elegir el mejor método el más eficiente y práctico, se considera ciertas circunstancias que no se pueden cambiar, es decir, la programación de la producción, distribución de las instalaciones, manejo de equipos y materiales, para el desarrollo del nuevo método de trabajo se debe tomar en consideración los resultados de la medición

inicial obtenida, de esta manera brindar soluciones de mejora a seguir (Noori y Radford, 1997, p. 283; García, 2005, p. 38):

- Identificar las operaciones que no tengan propósito y que no tengan un orden
- Organizar los lugares para no perder tiempos en búsquedas y de esta manera facilitar el trabajo
- Simplificar si las operaciones no pueden ser eliminados, pero se pueden realizar de forma sencilla
- Eliminar las operaciones que no tengan propósito
- Verificar el cumplimiento de las tareas y procedimientos asignados mediante auditorias

1.2.2.8. Adiestramiento a los operarios

Capacitar al personal de forma continua y evaluar de forma práctica. De igual manera corregir aspectos ergonómicos, económicos y de seguridad al implementar el nuevo método de mejora, así como los factores de calidad del producto. Además los intereses de todos los individuos pueden ser afectados de forma favorable o desfavorable siendo conveniente:

- Mantener informado al personal que se encuentra en el proceso antes de realizar cambios
- Tratar con respeto la opinión del personal involucrado
- Brindar un ambiente de confianza y exista la lluvia de ideas
- Dar un reconocimiento público por la participación a quien se merezca
- No tomar ideas ajenas y hacerlas pasar por propias
- Explicar factibilidad de sugerencias, para no crear resentimientos o enojos
- Brindar confianza al personal que forman parte una solución

1.2.2.9. Implementar el nuevo método

El nuevo método a implementarse una vez aprobado se da a conocer al trabajador, de esta manera se capacita al personal involucrado, adicionalmente se aprovecha las habilidades y destrezas del trabajador para mejorar la productividad dentro del área requerida, se debe documentar el nuevo método y ser firmado por los involucrados para garantizar su correcta implementación, de esta manera no se atenta con las condiciones de trabajo del operador (Noori y Radford, 1997, p. 283; García, 2005, p. 38).

1.2.2.10. Verificar el nuevo método

Al implementar nuevos métodos se debe estar consciente que no siempre son desarrollados correctamente, debido a que la capacitación no es clara y no hay un tiempo de familiaridad con los equipos de acuerdo al nuevo método, esto dificulta el incremento de la productividad, asimismo tomar en cuenta que el trabajador tratará de regresar al método antiguo de trabajo por costumbre, pero, mientras más realice el trabajo correctamente, el trabajador aprende hacer el nuevo trabajo y mejorará su productividad, por tal motivo se requiere una periódica supervisión (Noori y Radford, 1997, p. 283; Baca Urbina et al., 2014, p. 185).

1.2.3. ASPECTOS ADICIONALES PARA EL ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCTIVIDAD

1.2.3.1. Higiene y seguridad laboral

Un ambiente laboral e higiénico se transforma en oportunidades de mejora, ya que existirá mayor seguridad, orden, limpieza y tendrán una mejor motivación y productividad (Baca Urbina et al., 2014 , p. 176).

Adicionalmente los costos por accidentes y enfermedades profesionales afectan al trabajador, también, se consideran los costos al ausentismo de los trabajadores y el retraso en la producción, por tal motivo se realiza capacitaciones de forma periódica para disminuir riesgos durante su jornada de trabajo y de esta manera permita reducir accidentes de trabajo y acciones correctivas, de ahí la importancia de priorizar los posibles riesgos laborales en cada industria (Kanawaty, 1996, p. 252).

1.2.3.2. Ergonomía

El propósito de la ergonomía es diseñar puestos de trabajo acorde a la capacidad del trabajador, al conocer sus limitaciones tanto tecnológicas, manejo de equipos y procesos, de esta manera busca que el trabajador pueda realizar sus actividades de forma fácil y cómoda, logra mejorar la productividad mediante la armonía de los siguientes factores (hombre-máquina-entorno laboral) y de realizar métodos de estudio y de la organización del trabajo (Escalante y González, 2016, p. 294)

Adicionalmente permite controlar la introducción de nuevas tecnologías a las organizaciones de manera que se adapte a las capacidades y aptitudes de la fuerza laboral, también ayuda a identificar los posibles riesgos laborales (ergonómicos y psicosociales) (Cruelles, 2013b, p. 427; Baca Urbina et al., 2014, p. 339).

1.3. LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

Es aplicar técnicas para determinar tiempos estándares para realizar una determinada tarea, la cual se realiza por un trabajador calificado promedio, adicionalmente el trabajador promedio no es excelente ni el peor, es una persona que realiza el trabajo de manera sistemática durante la jornada laboral. De igual manera durante el estudio de medición de trabajo se evalúa el desempeño del

trabajador. Además, se eliminan operaciones y desplazamientos innecesarias tanto del material como del operario, de esta manera busca reducir los tiempos improductivos.

Los objetivos principales del estudio de medición del trabajo son:

- Diagnosticar el estado actual del proceso, de esta manera busca reducir y/o eliminar el tiempo improductivo, es decir, busca reducir el tiempo ocioso que no genera valor a los productos o servicios, se determina el tiempo que malgasta el empleado de forma consciente o inconscientemente.
- Establecer un estándar de tiempo, de igual manera considerar los retrasos inevitables que se pueden suscitar durante el desarrollo de la actividad o tarea, de tal manera que ayude a controlar el tiempo que toma en realizar una tarea y ayuda a entender cuando un operario toma más tiempo del que debería en realizar una tarea asignada, cuando se emplea máquinas presentan retrasos por malos mantenimientos mecánicos y eléctricos no realizados (Kanawaty, 1996, p. 252; Zandin, 2005, p. 41; Heizer y Render, 2009, p. 411).

Para un estudio de medición del trabajo se toma cuenta los siguientes pasos:

- Seleccionar el trabajo a medir
- Ocultar la información pertinente
- Observar los actuales métodos de trabajo
- Medir cada actividad durante el trabajo
- Evaluar el desempeño del operario
- Completar mediciones con las holguras necesarias
- Definir el estándar de tiempo

Estos pasos mencionados determinan el tiempo utilizado para una actividad o tarea designada. (Baca Urbina et al., 2014 , p. 186).

Las técnicas más comunes para la medición del trabajo son:

- Medición del estudio de tiempos con cronómetro
- Muestreo del trabajo

1.3.1. ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO

Se define en la toma de tiempos con cronómetro de cada operación con el fin de determinar el tiempo que se requiere para realizar cierta tarea, se realiza varias mediciones a distintas horas del día de la jornada laboral, de esta manera se puede observar las dificultades diarias al realizar el trabajo, el tiempo es ajustado por fatiga y otros márgenes de tolerancia para luego convertirse en tiempo estándar (Noori y Radford, 1997, p. 286; Cruelles, 2013b, p. 501).

1.3.1.1. Seleccionar el trabajo

Para seleccionar el trabajo a estudiar, se debe tomar en cuenta la ergonomía y la dificultad de la tarea durante el proceso productivo, adicionalmente se toma en cuenta los siguientes pasos (Cruelles, 2013b, p. 513):

- Ejecutar la nueva operación, actividad o tarea.
- Implementar el nuevo método requiere de un nuevo tiempo estándar
- Quejas de los trabajadores, sobre la desconformidad del tiempo de una operación
- Retrasos operación lenta, son causados por mal manejo
- Fijar tiempos estándares, también aplicar un sistema de incentivos
- Condiciones físicas del trabajo y medio ambiente (temperatura, ruido, luz)

1.3.1.2. Análisis del trabajo

Detallar el método actual del trabajo y levantar mediante un layout la distribución actual del proceso, de esta manera se puede identificar las áreas involucradas como; los materiales, insumos, y equipos que se utiliza, de igual manera, se identifica alternativas de mejora y aporta con soluciones efectivas (Baca Urbina et al., 2014, p. 187).

1.3.1.3. Dividir el trabajo en elementos

Dividir el trabajo en subelementos más pequeños de tal manera que resulte realizar mediciones sencillas y se pueda identificar y separar actividades improproductivas, para su correcta aplicación tener en cuenta las siguientes recomendaciones (Baca Urbina et al., 2014, p. 187):

- Verificar que todos los elementos sean necesarios para el trabajo
- Separar los tiempos de operación de las máquinas y del trabajador
- Identificar las actividades para que su ejecución sea constante o variable y verificar sus circunstancias de ser variable
- Seleccionar elementos para identificar por algún tipo de sonido inicio y fin de la actividad o tarea, una señal luminosa, de esta manera ayudar a que las actividades se puedan cronometrar de forma correcta sin interrupciones

1.3.1.4. Ejecutar mediciones de prueba y ejecutar muestra inicial

La muestra inicial permite determinar varios parámetros con el fin de observar las actividades que realiza el trabajador en su jornada laboral y de entrar en confianza para que no piense que es persecución personal y al momento de la

toma de tiempos no sean con presiones, los datos tomados se realizan en condiciones normales de trabajo (Baca Urbina et al., 2014, p. 187).

1.3.1.5. Determinar el tamaño de la muestra

Al determinar la muestra inicial, la OIT recomienda utilizar la Ecuación 1.2 con un nivel de confianza del 95,45 %, es decir, que el margen de error es del 4,55 % del dato real con el cual se calcula mediante la Ecuación 1.2 el tamaño de muestra real (Baca Urbina et al., 2014, p. 188).

$$n = \left\{ \frac{40 x \sqrt{n' x \sum (\text{observaciones}^2) - (\sum \text{observaciones})^2}}{\sum \text{observaciones}} \right\} \quad [1.2]$$

Donde:

n: tamaño de muestra requerida

n': tamaño de muestra inicial

x: tiempo observado de trabajo

∑: suma de valores

Si las observaciones obtenidas son menores a la muestra inicial significa que son suficientes las observaciones realizadas, de lo contrario se realizará más observaciones en especial si tienen medidas similares, se presenta una guía en la Tabla 1.1 donde se basan en el número total de minutos por ciclo aplicado por empresas como General Electric (Kanawaty, 1996, p. 301).

Tabla 1.1. Número de observaciones recomendado para el estudio de tiempos

Tiempo por ciclo	Hasta										Más de 40 min
	6 s	15 s	30 s	45 s	1 min	2 min	5 min	10 min	20 min	40 min	
Número de observaciones	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

(Kanawaty, 1996, p. 301)

1.3.1.6. Cronometrar

La toma de tiempos se informa al operario calificado antes de proceder a registrar, por ningún motivo se oculta el cronómetro. Además en la toma de tiempos se debe ser imparcial y no engañar a los empleados o que tengan repercusiones, porque ocasiona reacciones negativas y posterior fracaso al cronometrar los tiempos

(Baca Urbina et al., 2014, p. 188).

1.3.1.7. Calificar la actuación del operario

La calificación del operario calificado define el desempeño para realizar una tarea o actividad en condiciones normales, de igual manera, se califica el desempeño del operario un ritmo de trabajo estándar para la ejecución de la actividad o tarea de acuerdo a la valoración en escala de (0-100 %) de la norma británica, como se indica en la Tabla 1.2 criterios de evaluación del desempeño para realizar un trabajo (Escalante y González, 2016, p. 464)

Tabla 1.2. Criterios de evaluación del desempeño para realizar un trabajo

Escala (%)	Descripción del desempeño del individuo
0	Actividad nula
50	Muy lento movimientos torpes e inseguros, operador somnoliento, sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien supervisado. Parece lento pero no pierde tiempo voluntariamente
100 (ritmo estándar)	Trabajador activo y capaz; operario calificado promedio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, superior al ritmo estándar
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzos intensos sin probabilidad de durar así por periodos largos de tiempo

(Escalante y González, 2016, p. 464)

Si el trabajador tiene un ritmo inferior al ritmo estándar es menor, se asignará un factor menor de 100, si el ritmo de trabajo es superior al ritmo estándar, se asigna un factor mayor a 100, esta evaluación determina el tiempo básico que el operario tarda en realizar la tarea. El tiempo básico se determina mediante la Ecuación 1.3 (Baca Urbina et al., 2014 , p. 188).

$$Tiempo\ básico = Tiempo\ observado \times \frac{Calificación}{Ritmo\ estándar} \quad [1.3]$$

Otra forma de evaluar al operario es por el método Westinghouse, el cual consta de cuatro factores (Baca Urbina et al., 2014, p. 189):

- Habilidad, se determina por la experiencia del operario
- Esfuerzo, es la demostración del operario para ejecutar un trabajo con eficiencia
- Condiciones de trabajo, se considera al ambiente de trabajo
- Consistencia, es analizar si los resultados obtenidos por el trabajador se repiten constantemente

1.3.1.8. Determinar tolerancias y suplementos

Las tolerancias son fracciones de tiempo que se añaden al tiempo básico como compensación por fatiga, necesidades personales del trabajador y otros retrasos inevitables durante la jornada de trabajo, de esta manera el operario puede recuperarse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinada tarea, estas tolerancias se definen en función de los siguientes factores son: iluminación, temperatura, humedad, ruido, ventilación, condiciones de trabajo, monotonía, movimientos corporales y cansancio muscular.

Se recomiendan que las tolerancias sean de al menos 10 % del tiempo básico. Las tolerancias se requieren para la comodidad y el bienestar del empleado,

diversos autores recomiendan asignar del 4 al 5 % del tiempo básico (Baca Urbina et al., 2014, p. 189).

1.3.1.9. Cálculo del tiempo estándar

El tiempo estándar (T_s) es el tiempo necesario para ejecutar una tarea que incluye los suplementos de descanso sean constantes o variables, se constituye por un tiempo básico (T_b) el cual es conformado por el tiempo observado (T_o) con el factor de desempeño o ritmo de trabajo como se observa en la Figura 1.2

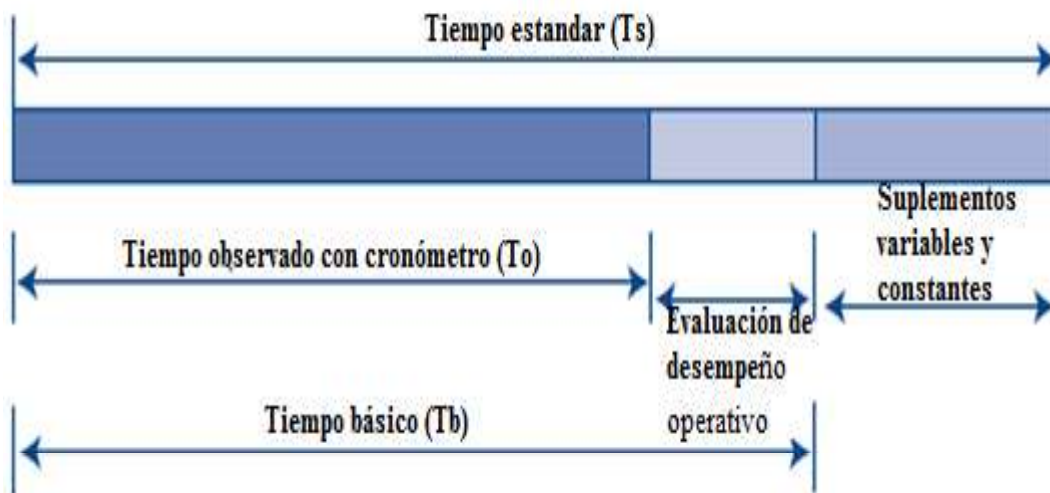


Figura 1.2. Composición del tiempo estándar

(Baca Urbina et al., 2014, p. 190)

El tiempo estándar visto en fórmula se puede expresar mediante la Ecuación 1.4

$$T_s = T_b \times (1 + \text{Tolerancia}) \quad [1.4]$$

Donde:

T_s : Tiempo estándar

T_b : Tiempo básico

1.3.2. MUESTREO DEL TRABAJO

El muestreo de trabajo también se le conoce como muestreo de actividades, el cual ayuda a determinar el tiempo productivo y el porcentaje de utilización de máquina en un área de producción específica en función del tiempo total de la jornada laboral, facilita llevar un control estadístico de actividades, adicionalmente para llevar un mejor control se recomienda realizar observaciones periódicas de cada una de las máquinas del área de trabajo y registrar las causas de cada interrupción, de esta manera se podrá estimar de forma acertada el tiempo de actividad de la maquinaria, el tiempo ocioso del hombre y el tiempo de preparación por cambios herramientas, así como puestas en marcha (Cruelles, 2013b, pp. 593-594).

1.4. METODOLOGÍA “*LEAN MANUFACTURING*”

1.4.1. DEFINICIÓN

Lean Manufacturing es una metodología que involucra diversas técnicas a través de las cuales se busca la reducción o eliminación de actividades que no agreguen un valor determinado al proceso, se considera como desperdicio a los recursos que se utilizan en exceso en una determinada actividad o proceso. El objetivo medular de esta metodología es identificar los procesos o actividades que agregan mayor valor al producto o servicio optimizarlos y mantenerlos dentro de un proceso de mejora continua (Madariaga, 2018, p. 8).

1.4.2. ORÍGENES Y ANTECEDENTES

Lean Manufacturing nació en los años 50 con el sistema de producción *Just in Time* desarrollado por la empresa Toyota, una filosofía que busca mejorar la productividad de las empresas indistintamente al sector que se pertenezcan, se

busca fusionar dos aspectos; por un lado primero crear y mantener una nueva cultura dentro de los empleados de una empresa y por otro el uso de herramientas dinámicas que permiten identificar claramente los procesos y las oportunidades de mejora (Hernández y Vizán, 2013, p. 12).

1.4.3. PRINCIPIOS DEL SISTEMA LEAN

El sistema *Lean Manufacturing* se fundamenta en 5 pasos que le permiten a la empresa reconocer los procesos o actividades que agregan valor y son los siguientes (Hernández y Vizán, 2013, p. 19):

- Definir el valor desde el punto de vista del cliente
- Identificar la corriente de valor, eliminando aquellos procesos o actividades que generen desperdicios
- Crear flujo, se busca que el flujo de valor sea continuo en casi todo el proceso
- Producir en función del cliente, la planificación de la producción debe ser realizada en función de pedidos ya confirmados por el cliente
- Mejora continua de los procesos de que añaden valor

1.4.3.1. Identificar la corriente valor

Identificar actividades que agregan valor al proceso desde el punto de vista del cliente, de esta manera se puede mejorar el proceso de lo contrario estas actividades que no agregan valor se recomienda eliminar, es difícil encontrar estas actividades si se tiene desconocimiento de las entradas y salidas en el proceso de transformación, por tal motivo se aconseja realizar un cursograma sinóptico y analítico, de esta manera encontrar las tareas o actividades que se suscitan durante la jornada de trabajo y son imperceptibles por el obrero.

Adicionalmente la gran mayoría de compañías que se dedican a la manufactura de productos indican que el menos del 5 % son actividades que generan valor al producto, el 35 % son actividades que no agregan valor pero son necesarias para realizar el producto, y el 60 % son actividades que no generan valor, se recomienda realizar las siguientes preguntas para identificar actividades que generan valor las cuales están representadas en la Tabla 1.3 (Jones, Hines, y Nick, 1997, p. 153).

Tabla 1.3. Preguntas para identificar el flujo de valor en los procesos

Genera valor al producto	¿Aporta valor al producto?
	¿Aporta una ventaja competitiva?
	¿El cliente estaría dispuesto a pagar por esta tarea?
No genera valor al producto	¿Se requiere por ley o norma obligatoria?
	¿Reduce el riesgo financiero para la empresa?
	¿Facilita información relevante financiera?
	¿El proceso no inicia si se elimina esta tarea?

(Jones, Hines, y Nick, 1997, p. 153).

1.4.3.2. Índice de valor añadido

Permite identificar las actividades que añaden valor al cliente y la organización para realizar un producto, como se observa en la Figura 1.3 (Andersen, 2007, p. 170). Las actividades se clasifican en:

Valor agregado al cliente (VAC): Son actividades que intervienen en el desarrollo de producto y que el cliente está dispuesto a pagar y pueden ser:

- Orden de producción
- Fabricación
- Empaque

Valor agregado a la organización (VAO): Son actividades que intervienen en el desarrollo de producto y aportan valor a la organización y pueden ser:

- Preparación
- Programación
- Registro de horas

Sin valor agregado (SVA): son actividades que no generan valor a la organización y tampoco al cliente, estas actividades pueden ser mejoradas o eliminadas sin afectar la calidad del producto y pueden ser:

- Inspección
- Esperas
- Almacenaje

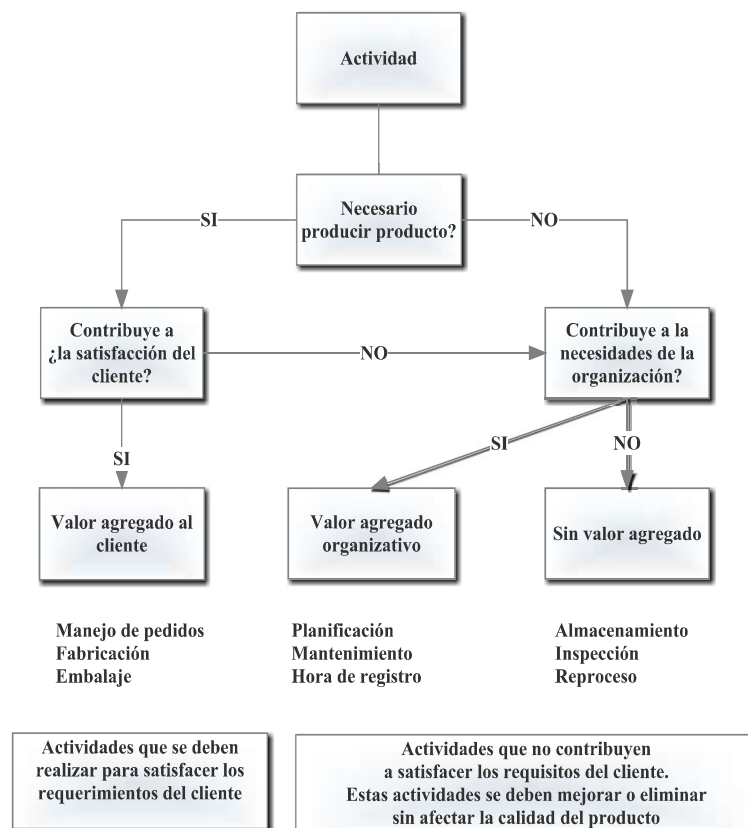


Figura 1.3. Índice de valor añadido
(Andersen, 2007, p. 171).

1.4.4. ENEMIGOS DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD 3M

El objetivo es identificar los desperdicios y optimizar los tiempos de proceso, adicionalmente el sistema de producción Toyota (TPS) identifico tres tipos de desperdicios: Mura, Muri, Muda y la reducción de los desperdicios permite aumentar la rentabilidad de la empresa.

1.4.4.1. Muda

El término muda se designa al despilfarro o desperdicio en un proceso, consume recursos y no agregan valor al producto desde el punto de vista del cliente, con la eliminación de estos desperdicios incrementa la rentabilidad de la empresa. Taiichi Ohno identificó 7 formas diferentes de desperdicios, los cuales se categorizó de la siguiente manera (González, 2007, p. 87).

- Sobreproducción: producir más de lo que se requiere
- Inventarios: acumular de materiales
- Sobreproceso: procesos que no agregan valor al trabajo
- Esperas: tiempos muertos de operario o máquina
- Reproceso: inspeccionar defectos y calibración
- Transportes: mover materia prima de un sitio de trabajo a otro
- Movimiento: innecesario de personal durante el jornada laboral

1.4.4.2. Mura

Es un término japonés el cual su significado indica desbalance o desigualdad en la operación, es notoria la presencia de mura por los excesos de inventarios,

también puede dar el caso de falta de productos, producción con defectos y productos que no se venden y en ocasiones acelera la producción o la retrasa (González, 2007, p. 87).

1.4.4.3. Muri

Significa sobrecarga de operarios y equipos durante la producción, es decir, que al estandarizar las actividades se ocupa un número determinado de operarios para realizar una tarea y una cantidad determina de producto a procesar para el cual están diseñados los equipos. El resultado de muri en los equipos es el incremento de mantenimientos correctivos, sus altos costos y pronto deterioro del equipo (González, 2007, p. 87)

1.4.5. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

1.4.5.1. Talk time (TT)

Se tiene la Ecuación 1.5 (Suñe, 2004, p. 97).

$$\text{TAKT TIME} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Piezas buenas producidas por ciclo}} \quad [1.5]$$

1.4.5.2. Eficiencia general de los equipos (OEE)

El cual indica la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos, como se aprecia en la Ecuación 1.6 (Suñe, Gil, Arcusa 2004, p. 97).

$$\text{OEE} = \text{TD} \times \text{TR} \times \text{TC} \quad [1.6]$$

Donde:

TD= Tasa de calidad

TR= Tasa de rendimiento

TC=Tasa de calidad

Al obtener su valor, se puede clasificar según la Tabla 1.4

Tabla 1.4. Clasificación de la instalación de acuerdo al valor OEE

OEE min (%)	OEE máx (%)	Calificación
0	65	Inaceptable
65	75	Regular
75	85	Aceptable
85	95	Buena
95	100	Excelente

(AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 17)

1.4.5.3. Eficiencia del ciclo del proceso (ECP)

Según la Ecuación 1.7 se considera un proceso esbelto cuando su ECP es mayor al 25 % es un proceso esbelto (Gutiérrez y Vara, 2015, p. 98).

$$ECP = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo total del ciclo del proceso}} \times 100 \quad [1.7]$$

1.4.6. TERMINOLOGÍA ADICIONAL

1.4.6.1. Control visual

La ubicación a simple vista de las actividades y herramientas a utilizar en el proceso de producción y de sus indicadores de desempeño que miden la eficiencia del proceso, de tal manera que se pueda diagnosticar con facilidad las

áreas con problemas y personal que interviene en las actividades, de esta manera aportar con soluciones efectivas para mejorar el proceso de producción (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 10).

1.4.6.2. Flujo continuo

Se prioriza el flujo continuo de operaciones antes que su velocidad, de esta manera se evita el incremento de desperdicios o retrasos en la producción (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 11).

1.4.6.3. Flujo tirado

Es un sistema de producción para conectar órdenes de producción desde operaciones finales hacia las operaciones iniciales, es decir, que ninguna operación predecesora produce sin haber terminado la operación y no exista un pedido de la siguiente. Al utilizar permite reducir tiempos de entrega (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 11).

1.4.6.4. Poka yoke

Dispositivos que se utilizan para prevenir defectos en el proceso de producción, adicionalmente ayuda a evitar malos montajes de los equipos y de su mala utilización, el cual ocasiona retraso en el tiempo de entrega del producto al cliente (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 13).

1.4.6.5. Talk time

Es el tiempo que se requiere para producir una pieza o conjunto de ellas, se calcula al dividir el tiempo operativo por día entre el número de piezas o conjunto

de ellas requeridos por el cliente, se emplea para nivelar la producción e igualar la tasa de consumo de producción (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 14).

1.4.6.6. Tiempo de proceso

Es el tiempo que toma en realizar el producto, a través de su cadena de valor, es decir la suma de tiempos de las actividades que agregan valor al producto y el cliente está dispuesto a pagar (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15).

1.4.6.7. Tiempo de respuesta o lead time

Es el tiempo total que espera el cliente para recibir el producto desde el momento que realiza la compra (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15).

1.4.6.8. Valor añadido

Son características específicas de un producto o servicio, requerido por el cliente y que está dispuesto a pagar. Son cambios en su forma o alguna característica del producto (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15).

1.4.6.9. Mantenimiento productivo total

Son procedimientos para asegurar el funcionamiento continuo de los equipos durante el proceso productivo, de esta manera evitar interrupciones en el proceso de producción e incumplir con fechas de entrega del producto al cliente (AENOR y Renault Consulting, 2012, p. 15).

1.4.6.10. Tiempos de cambio

Es tiempo requerido para realizar un cambio de producto en un proceso, es el tiempo que transcurre desde que se obtuvo la última parte buena de la orden producción, hasta conseguir la primera parte buena de la siguiente orden (Gutiérrez, 2010, p. 96).

1.4.7. TÉCNICAS LEAN

La metodología *Lean manufacturing* cuenta con varias técnicas que permiten llegar al objetivo de eliminar desperdicios y actividades que no agreguen valor al producto durante el proceso de producción y de mejorar la productividad, cada técnica se puede implementar de forma independiente o en conjunto, de tal manera que se pudo identificar las fuentes de desperdicios considerados por la metodología que son:

- Sobreproducción
- Tiempos de espera, transporte y movimientos innecesarios
- Exceso de inventario
- Defectos

Se recomienda realizar un diagnóstico inicial mediante el mapeo de cadena de valor VSM, donde indican las causas y los problemas de los procesos, así pues para aplicar las técnicas idóneas para mejorar la productividad (Hernández y Vizán, 2013, p. 33).

1.4.7.1. Mapeo de la cadena de valor VSM

El mapeo de la cadena de valor VSM (*value stream mapping*), es el conjunto de actividades que agregan valor como las que no agregan valor al producto, el cual es representado de forma gráfica el flujo de información de un producto o familia de productos, se realiza el mapa de la situación actual como de la futura, luego de

haber implementado las técnicas apropiadas de la metodología lean manufacturing para la mejora del proceso productivo.

Al desarrollar la cadena valor, se toma en cuenta todas las actividades para realizar el producto, es decir desde la materia prima que ingresa hasta cuando llega al producto final a las manos del cliente, adicionalmente satisfacer su demanda, de esta manera detectar los desperdicios en el proceso, se toma en cuenta los siguientes puntos (Rother y Shook, 1999, p. 24).

- Proveedores y cliente final
- Requerimientos e información en cada proceso
- Flujo de producción
- Cantidad de operarios en cada proceso
- Sitios de almacenamiento y transporte
- Tiempo del proceso y el tiempo que tarda en llegar al entrega al cliente

Estado actual:

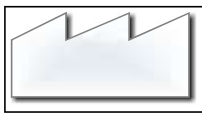

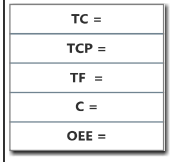

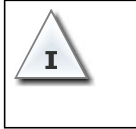





- Levantar información del proceso
- Revisar procesos de producción
- Realizar diagnóstico inicial del proceso mediante gráfica del VSM
- Registrar información de los procesos (tiempos de producción, tiempos de preparación, tiempos muertos, inventarios de producto generados, cantidad de operarios, velocidad de la línea
- Totalizar tiempos en proceso y tiempos de entrega al cliente

Estado futuro:

- Regularizar inventarios de acuerdo a la demanda del cliente
- Nivelar los volúmenes de producción en los procesos
- Eliminar tiempos muertos
- Mejorar tiempos de preparación

La simbología que se emplea en el mapeo de la cadena de valor en el proceso de producción, se muestra en la Tabla 1.5

Tabla 1.5. Simbología del VSM

Nombre	Función	Símbolo
Cliente /Proveedor	Identifica elementos externos proveedores o clientes	
Proceso	Son las actividades que agregan valor o no al producto	
Flujo de información	Es la información registrada del proceso	
Transporte externo	Son los transportes de los proveedores hacia los clientes	
Inventario	Identifica almacenaje de materia prima, inventarios en proceso y producto terminado	
Traslado	Identifica movimientos de la materia prima desde el proveedor hacia el cliente	
Flujo de información	Transmisión de información electrónica	
Flujo de empuje	Es el material que se produjo y no se requiere o es para el inventario	
Operador fijo	Operador u operadores asignados a la estación de trabajo	
Estallido Kaizen	Identifica áreas problemáticas que se requieren mejorar	

(Blanco, 2007, p. 92)

1.4.7.2. Las 5 S

La metodología fue desarrollada en Japón tras la segunda guerra mundial en el año de 1960, adicionalmente sus inicios fueron aplicados en la industria automotriz Toyota, enfocados a mejorar la calidad de los procesos productivos dentro de la organización, permite mantener estaciones de trabajo limpios y ordenados de forma permanente. De esta manera, se mejora la productividad. Las 5 S se refiere a 5 palabras japonesas de uso diario en la vida: *seiri* (clasificar), *seiton* (ordenar), *seiso* (limpieza), *seiketsu* (estandarizar) y *shitsuke* (disciplina) (Hirano, 1996, p. 6).

- **Seiri: Clasificar**

Consiste en identificar los objetos y materiales que existen en cada estación de trabajo durante la jornada laboral. Eliminar lo que no se utiliza y clasificar las requeridas. Además expertos recomiendan colocar etiquetas de color rojo en los objetos que no se utilizan en el área de trabajo, una vez identificadas se las elimina, es decir, se almacena en una bodega para poner a la disposición del gerente de la organización, donde se toma la decisión de venderlos, reciclar o desechar (Hernández y Vizán, 2013, p. 38).

- **Seiton: Ordenar**

Una vez clasificados los objetos necesarios se establece una ubicación de acuerdo al trabajo a realizar y el espacio disponible que se tiene, de tal manera que sea accesible tomar con los brazos estirados, de emplear estantería modular para colocar herramientas de acuerdo a su tamaño y frecuencia de uso, se debe ubicar las de mayor frecuencia de uso en las zonas más cercanas, las de mayor tamaño en la parte inferior y las de menor tamaño en la parte superior, de esta manera se logra mayor visualización y mejorar la estética en el sitio de trabajo (Hernández y Vizán, 2013, p. 39).

- **Seiso: Limpieza**

Es una herramienta que permite eliminar suciedad y fuentes de contaminación del área de trabajo, ayuda a identificar averías en los equipos durante la jornada laboral y de esta manera contribuir al mantenimiento productivo para el correcto funcionamiento e incremento en la vida útil de los equipos y aportar con un ambiente seguro de trabajo, adicionalmente mejora la calidad en los productos.

La limpieza se realiza de forma diaria, de esta manera se asegura vías de accesos a equipos, su disponibilidad y evacuación a salidas ante cualquier emergencia que se presente y la detección de derrames de líquidos inflamables que pueden ocasionar incendios y explosiones (Hernández y Vizán, 2013, p. 39).

- **Seiketsu: estandarizar**

La estandarización requiere la colaboración del personal que está involucrado en el proceso a tener una meta de organización durante la jornada laboral, adicionalmente ayuda a la implementación de las primeras 3s. La forma correcta de aplicar estándares es mediante programas de capacitación donde se educará al obrero de la importancia del orden y la limpieza del área de trabajo, también de las medidas de seguridad que se tiene que tomar al realizar las actividades. Además es una de las herramienta para establecer la estandarización es la fotografía donde se detalla cómo deben permanecer los puestos de trabajo, de igual manera una inspección del cumplimiento de las tareas encomendadas (Hernández y Vizán, 2013, p. 40).

- **Shitsuke: Disciplina**

La disciplina implica el desarrollo cultural dentro de la organización, es decir, cumplir con procedimientos y normas durante el desarrollo de las actividades, de esta manera se garantiza la seguridad y buen ambiente de trabajo, ayuda a concientizar el cuidado por los recursos de la organización. (Hirano, 1996, p. 111).

Al implantar la disciplina en la organización asegura preservar las 4s que ya se implantaron, mediante la creación de buenos hábitos y valores como el respeto hacia uno mismo y a las demás personas. La importancia del cumplimiento de las normas para la ejecución de las actividades diarias durante la jornada de trabajo (Hernández y Vizán, 2013, p. 41).

1.4.7.3. Cambio de herramientas en pocos minutos (SMED)

El término en inglés, SMED (*Single Minute Exchange of Die*), es una metodología implementada por Shingo para mejorar el sistema de producción Toyota, adicionalmente se utiliza para reducir de forma drástica el tiempo en las tareas de cambio de máquina y utillajes para el aprovechamiento de la máquina, busca reducir el tamaño de los lotes de producción, también de eliminar tiempos muertos durante el proceso de producción y la reducción de sus costos.

El objetivo es realizar cualquier cambio o inicialización del proceso de producción, no tardar más de 10 minutos, los minutos se expresa en un solo dígito.

(Shingo, 1993, p. 23)

Para implementar la técnica SMED se ejecutan las siguientes etapas:

- Primera etapa: separación de operaciones internas y externas
Actividades de operaciones internas: son aquellas actividades que se realizan cuando la máquina está parada
Actividades de operaciones externas: son aquellas actividades que se realizan cuando la máquina está en marcha
- Segunda etapa: conversión de tiempos internos en externos
Identificar actividades de operaciones internas y cambiar a actividades de operaciones externas
- Tercera etapa: perfeccionar las operaciones internas y externas

El principal objetivo de esta etapa es perfeccionar las actividades de operaciones internas o externas durante la preparación

La implantación debe cumplir las siguientes condiciones:

- Concientizar a la organización de su importancia durante el proceso producción y sus actividades, cumplir con los plazos de entrega establecidos y satisfacción del cliente, mediante la mejora de los procesos productivos la disminución de los tiempos de preparación
- Dar a conocer a los empleados de los problemas dentro de la organización, prepararlos para mejorar la productividad mediante capacitación y entrenamiento, de esta manera reducir costos mediante la reducción de tiempos de preparación (Cruelles, 2013b, p. 318)

1.4.7.4. Mantenimiento total productivo TPM

La técnica del TPM (*Total Productive Maintenance*) brinda continuidad del proceso, asimismo permite planificar el mantenimiento de equipos y formar grupos de trabajo para realizar actividades que aseguran la disponibilidad de los equipos dentro de la organización, además de mantener un orden y limpieza en los sectores involucrados sin accidentes por mantenimiento. (Cuatrecasas, 2015,b, p. 14)

Al aplicar TPM se busca concientizar al personal en cuanto al mantenimiento eficiente de los equipos, busca el compromiso del personal involucrado en el proceso, además de la detección oportuna de averías mediante análisis de modo de falla y sus efectos (FMEA), la evaluación se realiza con la Tabla 1.6 y su cálculo se realiza con la Ecuación 1.8, donde se valora el número de prioridad de riesgos (Socconini, 2014, p. 187).

$$NPR = S \times O \times D \quad [1.8]$$

Donde:

S: Severidad

O: Ocurrencia

D: Detección

Tabla 1.6. Evaluación del número de prioridad de riesgos

Calificación	Severidad	Ocurrencia (ppm)	Detección
1	Menor: cliente no lo nota	$x < 1$ ppm	Muy alta: probabilidad de detectar el defecto (siempre)
2	Baja: ligera incomodidad del cliente; probablemente note un pequeño deterioro	$1 < x < 250$	
3			Alta: probabilidad de detectar el defecto (casi siempre)
4	Media: alguna insatisfacción del cliente; nota un deterioro en el desempeño del producto	$250 < x < 12,500$	Moderada: Se puede detectar el defecto
5			
6			
7	Alta: alto grado de insatisfacción del cliente; hace inoperable el producto	$12,500 < x < 50,000$	Baja: probablemente no se detecte el defecto
8			
9	Muy alta: cliente molesto, producto inseguro	$50,000 < x$	No se puede detectar
10			

(Socconini, 2014, p. 187)

El indicador OEE (*Overall Equipment Efficiency*) permite evaluar la eficiencia de los equipos en cada proceso, además, se calcula con la Ecuación 1.6, previamente se debe calcular la tasa de disponibilidad con la Ecuación 1.9, la tasa de rendimiento con la Ecuación 1.10, la tasa de calidad con la Ecuación 1.11 (Team, 1996 p. 33).

$$TD = \frac{B}{A} \times 100 \% \quad [1.9]$$

Donde:

TD: Tasa de disponibilidad

A: Tiempo disponible de producción (minutos)

B: Tiempo real de producción (minutos)

$$TR = \frac{D}{C} \times 100 \% \quad [1.10]$$

Donde:

TR: Tasa de rendimiento

C: Producción Teórica (unidades)

D: Producción real (unidades)

$$TC = \frac{F}{E} \times 100 \% \quad [1.11]$$

Donde:

TC: Tasa de calidad

E: Producto real (unidades)

F: Producto bueno (unidades)

En la Figura 1.4 se observa el tiempo total de operación de un equipo, el cual está conformado por 5 etapas: tiempo disponible de producción, tiempo real de producción, producción real, producto bueno.

Tiempo total de operación		
A	Tiempo disponible producción (minutos)	No planificación para producir
B	Tiempo real de producción (minutos)	Paradas esperas
C	Producción teórica (unidades)	
D	Producción real (unidades)	Microparadas
E	Producción real (unidades)	
F	Producto bueno (unidades)	Retrabajos

Figura 1.4. Tiempo total de operación

(Hernández y Vizán, 2013 p. 51)

1.4.7.5. Control visual

La técnica de control visual ayuda a observar desviaciones que tiene el proceso mediante graficas de control o esquemas para identificar fallas del proceso y de informar a todo el personal el estado actual del proceso, buscar alternativas para mejorar, la toma de decisiones efectivas frente a los percances suscitados, adicionalmente alcanzar las metas propuestas.

El principal objetivo de esta técnica es informar al personal que integra la organización para la toma de decisiones, aporta con aprendizaje diario y brinda apertura al dialogo del personal para encontrar soluciones, contribuye a mejorar

un ambiente laboral en el cual desean ser partícipes y que opiniones serán tomadas en cuenta (Hernández y Vizán, 2013, p. 52).

1.4.7.6. Kaizen

La técnica *Kaizen* indica “cambio para mejorar”, deriva su palabra de KAI-cambio y ZEN- bueno, adicionalmente *Kaizen* indica el cambio de actitud en las personas, es decir, la actitud que se requiere para mejorar procesos que tienen conflictos en su normal funcionamiento o desempeño diario y de exigirse a uno mismo para hacer las actividades encomendadas dentro de las organizaciones de forma correcta, este pensamiento de mejora continua depende mucho de las personas que dirigen la organización con la implementación de proyectos *kaizen* para los diferentes procesos, al aplicar estos proyectos existe un incremento del 10% de la productividad en la organización, se requiere el compromiso del personal que está directamente involucrado en el proceso y tomar sus opiniones de forma directa mediante reuniones, de esta manera brindar soporte y compromiso a las actividades realizadas, de lo contrario será un fracaso los proyectos de mejora (Hernández y Vizán, 2013, p. 27).

2. METODOLOGÍA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE MECANIZADO TRANSFER

La empresa alemana de grifería fue fundada por Franz Viegener a finales del siglo XIX, la misma que después de 100 años se convertiría en cuatro plantas, las cuales abastecerían con sus productos a aproximadamente a 50 países en Europa. Las acertadas decisiones de su hijo Franz Viegener II, llevaron su expansión a Latinoamérica, a tal punto de establecer la primera sucursal en Argentina en el año de 1921. Para el año de 1977, Francisco Franz Josef y Rodolfo Viegener, herederos de esta tradición, junto a un importante grupo de empresarios ecuatorianos llevan la construcción del proyecto industrial en Quito-Ecuador (Viegener, 2016, p. 1).

La empresa Franz Viegener se encuentra ubicada en Sangolquí, Quito- Ecuador en el km 25 ½ a la vía Antigua Sangolquí-Amaguaña. Desde su construcción, han pasado más de 30 años en vías de un futuro promisorio de alta competitividad, desafíos de promoción y comercialización de productos de alta calidad demandados por los mercados nacional e internacional. Además, los productos cuentan con certificación de “conformidad INEN Esquema 5” o “Sello de Calidad INEN”, el cual se renueva cada año.

Además según Vistazo (2018), la empresa presentó un ingreso durante el año 2016 de 61,3 millones de dólares y en año al año 2017 de 64,5 millones de dólares, con lo cual se alcanzó un crecimiento en los ingresos de 3,2 millones de dólares (p. 148).

La empresa cuenta con varios productos, que son elaborados en diferentes líneas de producción. El presente estudio se desarrolló en el área de mecanizado

transfer, en la cual se elaboran 5 tipos de productos, los cuales se detallan en la Tabla 2.1 y representan el 80 % de la producción de esta área. La planificación de la producción se realiza de acuerdo a un pronóstico mensual de ventas.

Tabla 2.1. Productos elaborados en el área de mecanizado transfer

Tipo de producto	Descripción	Aplicación
Tipo A	Llave de pico	Llave destinada a regular flujo directo del líquido hacia el exterior, sin acople a manguera, uso externo
Tipo B	Llave de manguera	Llave destinada a regular flujo directo del líquido hacia el exterior, con acople a manguera, uso externo
Tipo C	Llave individual	Llave destinada a regular el flujo proveniente de una tubería, uso interno
Tipo D	Llave de paso	Llave destinada a regular el flujo proveniente de una tubería, uso externo
Tipo E	Llave mezcladora	Llave que permite combinar y regular el flujo proveniente de dos tuberías (agua caliente y fría), uso interno

(INEN 965, 2012, p. 2)

La fabricación de grifería no alcanza los resultados esperados, debido a dificultades como: la falta de planificación al iniciar la producción y de un mantenimiento eficiente, lo que genera continuos retrasos en producción y posterior incumplimiento de los pedidos al cliente, adicionalmente presentan dificultades ergonómicas los trabajadores a la hora de desempeñar sus actividades que han limitado la capacidad operativa en esta área de producción.

Para mejorar la productividad del área de mecanizado transfer, se utilizó los mismos recursos con los que se trabaja, es decir, con la menor inversión, mismas horas de trabajo y calidad el producto

2.2. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

Para definir los productos de grifería que son relevantes para el cliente se realizó un diagrama 80/20 con base en el historial de ventas realizadas en el año 2016. Además, se seleccionó un tipo de producto en el cual se desarrolló el presente trabajo, se consideraron cinco procesos; *estampado*, *corte en prensa*, *granallado*, *mecanizado* y *empaques*, para el análisis de la producción del 20 % de los productos más vendidos.

Para la medición de tiempos se utilizó la técnica del cronometraje en cada proceso como se observa en Sección 1.3. Además, se estableció el número de observaciones iniciales necesarias para determinar el tiempo de cada proceso. Esta determinación se realizó con base en la Tabla 1.1. Se ratificó el número de observaciones con la Ecuación 1.3.

Se realizó un cursograma sinóptico para cada uno de los cinco procesos del área transfer. Posteriormente realizó un layout del área de mecanizado transfer y el diagrama de recorrido para lo cual se midieron las distancias recorridas por los trabajadores en cada proceso con la ayuda de una cinta métrica, el seguimiento se realizó desde la llegada de la materia prima en cada proceso hasta la salida del mismo y posterior entrega al cliente.

En cada proceso se seleccionaron obreros calificados con más de 5 años de experiencia. Se consideró tres obreros para el proceso de estampado, un obrero para los procesos de corte en prensa, granallado, y mecanizado, adicionalmente se consideraron dos obreros para el área empaques.

Con la información obtenida se realizaron cursogramas analíticos para cada proceso, en los cuales se identificaron las actividades con valor agregado y sin valor agregado, con base en las preguntas de la Tabla 1.3 descritas en la Sección 1.4.3.1, las actividades que no agregan valor se eliminaron, mientras que las actividades que agregan valor fueron mejoradas.

Además, se estimaron tolerancias y los suplementos de las actividades de cada ciclo del proceso mediante calificaciones mostradas en la Tabla 2.2, de esta manera con la colaboración de tres personas involucradas en cada proceso de forma directa (jefe de producción, jefe de mantenimiento y el operario) se estimaron las tolerancias y suplementos.

Se determinó el tiempo básico para cada proceso al aplicar la Ecuación 1.3, también, se calificó el ritmo del trabajado de acuerdo a la Tabla 1.2. Asimismo, Se determinó el tiempo estándar para cada proceso al aplicar la Ecuación 1.4

Se determinó el takt time para cada proceso al aplicar la Ecuación 1.5. Además, se determinó la productividad de cada proceso al aplicar la Ecuación 1.1, de igual manera, se determinó el OEE de cada proceso al aplicar la Ecuación 1.6 y se determinó la eficiencia del ciclo de cada proceso al aplicar Ecuación 1.7, de tal manera que si el ECP es mayor al 25 % indica que es un proceso esbelto

Se realizó un VSM con los datos actuales: tiempo de ciclo (C/T), takt time (T/T), tiempo de preparación (C/O), y *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Para los procesos; estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado y empaque.

Tabla 2.2. Tolerancias recomendadas por la organización internacional del trabajo

A. Tolerancias constantes:	Añadir %
1) Tolerancia por necesidades personales	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4
B. Tolerancias variables:	
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:	
a) Ligeramente molesta	0
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):	
a) 2,5 kg/5 lb	0
b) 5/10	1
c) 7,5/15	2
d) 10/20	3
e) 12,5/25	4
f) 15/30	5
g) 17,5/35	7
h) 20/40	9
i) 22,5/45	11
j) 25/50	13
k) 30/60	17
l) 35/70	22
4) Alumbrado deficiente:	
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0
b) Muy inferior	2
c) Sumamente inadecuado	5
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10
6) Atención estricta :	
a) Trabajo moderado fino	0
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
7) Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente-fuerte	2
c) Intermitente-muy fuerte	5
d) De alto volumen-fuerte	5
8) Esfuerzo mental :	
a) Proceso moderadamente complicado	1
b) Complicado o que requiere amplia atención	4
c) Muy complicado	8
9) Monotonía	
a) Escala	0
b) Moderada	1
c) Excesiva	4

(Baca Urbina et al., 2014 , p. 190)

A continuación la descripción de los 5 procesos.

2.2.1. Proceso de estampado

El proceso de estampado, consiste en el conformado por deformación plástica del latón (aleación de cobre y zinc), la cual se calienta en un horno a 900 °C para convertirse en estado líquido, luego se vierte en un recipiente llamado preforma, de esta manera se obtendrá una forma secundaria llamado premoldeo, adicionalmente para su transformación se emplea una matriz de estampado en la cual se encuentra tallado la forma deseada en la cavidad superior e inferior de la matriz, en el cual mediante una prensa hidráulica se aplica fuerzas de compresión para obtener el producto final. En la actualidad los horarios de trabajo en esta área son de tres turnos rotativos y la masa procesada se muestra en la Tabla 2.3

Tabla 2.3. Masa de latón proceso de estampado

Producto	kg procesados	unidades/ ciclo
Tipo E	5 490	4 500

2.2.2. Proceso de corte en prensa

El proceso de corte en prensa, consiste en cortar la chapa o rebabas en el producto una vez que termina el proceso de estampado, el producto se almacena en un contenedor y el desperdicio se almacena en otro contenedor para nuevamente fundir y reutilizar en otro producto, al finalizar la jornada de trabajo se procede al pesaje del contenedor para registrar la producción realizada y trasladar al área de granallado, los horarios de trabajo en esta área son de dos turnos rotativos y la masa procesada se muestra en la Tabla 2.4

Tabla 2.4. Masa de latón proceso de corte en prensa

Producto	kg procesados	unidades/ ciclo
Tipo E	4 880	4 000

2.2.3. Proceso de granallado

El proceso de granallado, consiste en el uso de partículas abrasivas que mediante movimientos rotacionales eliminan imperfecciones superficiales del producto, adicionalmente produce limpieza y brillo en piezas fundidas, de igual manera, el producto se descarga desde la máquina a la mesa de selección, para clasificar de forma manual el producto bueno el cual es almacenado en el contenedor, y el producto defectuoso ingresa al horno a ser fundido para realizar otro producto, los horarios de trabajo en esta área son de dos turnos rotativos y la masa de cobre procesada se muestran en la Tabla 2.5

Tabla 2.5. Masa de latón proceso de granallado

Producto	kg procesados	unidades/ ciclo
Tipo E	2 368	7 896

2.2.4. Proceso de mecanizado

El proceso de mecanizado consiste en la perforación de pasos de agua en la grifería y mediante la utilización de herramientas de corte como; brocas, cuchillas de forma y equipos transfer (TRZ), que realizan movimientos longitudinales y tangenciales. Una vez mecanizado pasa por un proceso de lavado para después ser almacenado en tachos plásticos de 20 kg, los horarios de trabajo en esta área son de tres turnos rotativos y la masa procesada se muestra en la Tabla 2.6

Tabla 2.6. Masa de latón proceso de mecanizado

Producto	kg procesados	unidades/ ciclo
Tipo E	510	1 700

2.2.5. Proceso de empaque

El proceso de empaque, consiste en realizar pruebas de estanqueidad para luego separar producto defectuoso y enviar a fundir para reutilizar en otro producto, de igual manera el producto bueno se ensambla con sus partes complementarias y material de empaque y almacena en tachos de 20 kg los cuales se trasladan al aérea de despacho, los turnos de trabajo son dos turnos rotativos y la masa procesada se muestra en la Tabla 2.7

Tabla 2.7. Masa de latón proceso de empaque

Producto	kg procesados	unidades/ ciclo
Tipo E	240	2 000

2.3. ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN DE MEJORAS, CON BASE EN LA METODOLOGÍA “*LEAN MANUFACTURING*”

Con los datos históricos de las hojas de producción se tabuló las principales paradas durante la producción de enero a abril del año 2017, con esta información se realizó un diagrama Pareto.

Una vez que se recopiló la información a detalle de cada uno los procesos, se aplicaron técnicas *Lean* como; *5S*, *Single Minute Exchange of Die (SMED)*, *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*, *Value Stream Mapping (VSM)* de acuerdo a los requerimientos en cada proceso. De esta manera, se identificaron las actividades o tareas que no agregan valor al producto y que no permiten mejorar la productividad del área de mecanizado transfer. Además, se evaluó los tiempos estándares de cada proceso.

2.4. IMPLANTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA, CON BASE EN LA METODOLOGÍA “LEAN MANUFACTURING”

Para la implantación se realizó una capacitación al personal operativo y administrativo del área transfer referente a las técnicas de la metodología de *lean Manufacturing*; *5s*, *SMED*, *TPM* y sus beneficios, para que el personal involucrado en cada proceso se comprometiera.

5s

Se aplicó la filosofía de las 5s para organizar y mantener el orden en las áreas de trabajo. Se inició con un inventario de los equipos y herramientas en cada una de las áreas que posteriormente fueron ordenados, etiquetados y ubicados de acuerdo a su frecuencia de uso. De esta manera, se redujeron los tiempos de búsqueda de herramientas para la ejecución de las tareas o actividades durante la preparación y adicionalmente se consiguió un ambiente laboral seguro y agradable (Hernández y Vizán, 2013, p. 36).

Se aplicó 5s en los cinco procesos; estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado, empaque de la siguiente manera:

- **Seiri: Clasificar**

En cada uno de los procesos se identificaron herramientas de uso diario, además, se ubicaron en estanterías, las de uso no frecuente se identificaron con tarjetas rojas, las cuales se almacenaron durante el periodo de 6 meses en un lugar designado y las obsoletas se desecharon.

- **Seiton: Ordenar**

Se ordenaron en cada uno de los procesos las herramientas de uso frecuente en las estaciones de trabajo, fueron ubicadas en un solo sector y a cargo de una persona para que se distribuya de forma ordenada y llevar un correcto inventario, además las personas que realizan la preparación de máquinas se compró

herramientas de uso frecuente para que administren de la mejor manera durante su jornada de trabajo y su posterior reposición, cuando las herramientas se encuentren defectuosas, adicionalmente se compró cancelas para que guarden sus herramientas.

- **Seiso: Limpieza**

Se realizó una limpieza de cada estación al terminar la jornada de trabajo para el cual se otorgó 10 min para realizar esta actividad, de igual manera, se pintó vías de accesos a equipos y de evacuación a salidas ante cualquier emergencia, además, se identificó averías durante el fin de la jornada de trabajo o cambio de turno el cual de haber alguna novedad se llena en la hoja de producción diaria y de encontrar novedades se notificó al personal de mantenimiento para el arreglo inmediato para fomentar el correcto funcionamiento de los equipos.

- **Seiketsu: estandarizar**

Se realizó la estandarización mediante la colaboración del personal involucrado en cada proceso, adicionalmente se realizó charlas mensuales y soporte durante la jornada laboral para solventar inquietudes y garantizar la implementación de las primeras 3s, asimismo durante las charlas se indicó material fotográfico de cómo se debe mantener una área de trabajo durante la jornada laboral.

- **Shitsuke: Disciplina**

La implementación de la disciplina se desarrolló durante cada jornada laboral, se realizó inspecciones de las actividades ejecutadas, además ayudó a mantener un mejor ambiente laboral y reforzar el trabajo en equipo. El seguimiento de la correcta aplicación de la metodología 5S, se realizó la lista de chequeo para verificar el cumplimiento de la 5S

SMED

Se aplicó la metodología SMED para mejorar los tiempos de las actividades internas y externas que son requeridas para el cambio de matrices y equipos. De igual manera para incrementar la flexibilidad para el cambio de producto que requiere el cliente.

Se aplicó SMED en tres procesos; estampado, corte en prensa y mecanizado de la siguiente manera:

- Primera etapa: Separación de actividades internas y externas, se identificó en el diagrama analítico de cada proceso actividades internas (máquina parada) y actividades externas (máquina en marcha). Asimismo, se eliminó actividades que no aportan valor al proceso o se mejoró
- Segunda etapa: Conversión de tiempos internos en externos, se identificó actividades internas que se pueden realizar mientras la máquina se encuentre en marcha y estas actividades internas convertirse en actividades externas de esta manera reducir tiempos de cambio para fabricar un producto
- Tercera etapa: Perfeccionar los aspectos operacionales internos y externos Asimismo, se mejoró las actividades internas y externas, mediante la reducción de tiempos de ajustes de pernos para matrices y dispositivos de sujeción durante la preparación, de igual manera, se organizó las estanterías en las cuales se identificaron con códigos las matrices y herramientas para un correcto almacenaje. Además, se redujo los desplazamientos durante la ejecución de las actividades internas y externas.

TPM

Se aplicó la metodología *TPM (mantenimiento total productivo)*. Para garantizar la disponibilidad de los equipos dentro del área de mecanizado transfer. Se aplicó

TPM en tres procesos; estampado, corte en prensa y mecanizado de la siguiente manera:

Para identificar la frecuencia de fallos en los equipos se utilizó la tabla AMFE (*análisis modal de fallos y efectos*), en la cual se identificó las averías mecánicas en los equipos las cuales fueron registradas en las ordenes de producción, asimismo, se realizó el diagrama pareto y se identificó el 20 % de las averías que causaron el 80 % de las paradas no programadas en los equipos. Para dar el seguimiento del correcto funcionamiento de los equipos, se aplicó el indicador OEE (Eficiencia global de los equipos) descrito en la Sección 1.4.7.4 y el cálculo se aplicó la Ecuación 1.6.

2.5. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE MECANIZADO TRANSFER LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA “*LEAN MANUFACTURING*”

Una vez implantadas las técnicas *Lean*, se realizó la medición de los tiempos, para lo cual se utilizó la técnica del cronometraje en cada proceso como se observa en Sección 1.3. Además, se estableció el número de observaciones iniciales necesarias para determinar el tiempo de cada proceso. Esta determinación se realizó con base en la Tabla 1.1. Se ratificó el número de observaciones con la Ecuación 1.3.

Se realizó un nuevo cursograma sinóptico para cada uno de los cinco procesos del área transfer. Posteriormente se realizó un layout con la nueva distribución del área de mecanizado transfer y el diagrama de recorrido para lo cual se midieron las distancias recorridas por los trabajadores en cada proceso con la ayuda de una cinta métrica, el seguimiento se realizó desde la llegada de la materia prima en cada proceso hasta la salida del mismo y posterior entrega al cliente.

En cada proceso se seleccionaron obreros calificados con más de 5 años de experiencia. Se consideraron tres obreros para el proceso de estampado, un obrero para los procesos de corte en prensa, granallado, mecanizado y dos obreros para el área empaque.

Con la información obtenida se realizaron nuevos cursogramas analíticos para cada proceso, en los cuales se identificaron las actividades con valor agregado y sin valor agregado, con base en las preguntas de la Tabla 1.3 descritas en la Sección 1.4.3.

Además, se estimaron nuevas tolerancias y suplementos de las actividades de cada ciclo del proceso una vez implantadas las técnicas *Lean*, las evaluaciones se realizaron mediante la Tabla 2.2, de esta manera con la colaboración de tres personas involucradas en cada proceso de forma directa (jefe de producción, jefe de mantenimiento y el operario) se estimaron las tolerancias y suplementos.

Se determinó el tiempo básico para cada proceso al aplicar la Ecuación 1.3, también, se calificó el ritmo del trabajado de acuerdo a la Tabla 1.2. Asimismo, Se determinó el tiempo estándar para cada proceso al aplicar la Ecuación 1.4

Se determinó el takt time para cada proceso al aplicar la Ecuación 1.5. Además, se determinó la productividad de cada proceso al aplicar la Ecuación 1.1, de igual manera se determinó el OEE de cada proceso al aplicar la Ecuación 1.6 y se determinó la eficiencia del ciclo de cada proceso al aplicar Ecuación 1.7, de tal manera que si el ECP es mayor al 25 % indica que es un proceso esbelto.

Se realizó un VSM con los datos actuales: tiempo de ciclo (C/T), takt time (T/T), tiempo de preparación (C/O), y *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Para los procesos; estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado y empaque. Finalmente se realizó la comparación antes de la implementar y después de implementar las técnicas Lean

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MECANIZADO TRANSFER PARA LA FABRICACIÓN DE GRIFERÍA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

El área de mecanizado consta de tres áreas donde se desarrolla la producción de grifería, cada turno de trabajo es 510 min de los cuales se descuenta los 10 min de refrigerio, 30 min de almuerzo y 10 min de pausas activas de esta manera se tiene 460 min de jornada laboral, las actividades realizadas en cada proceso se desarrollan por hombres, las áreas de trabajo se describen a continuación:

Se realizó un layout del área de mecanizado transfer con su nueva distribución de equipos, como se observa en el Anexo I.

Área 1: En esta área se desarrolla el proceso de estampado, corte en prensa y granallado para la fabricación de la grifería

Área 2: En esta área se desarrolla el proceso de mecanizado, en el cual mediante operaciones de perforado, cilindrado y roscado realizan las conexiones y pasos de agua dentro de la grifería. Además, identificaron una gran variedad de herramientas de corte como: tarrajas, machuelos, brocas, fresas frontales, fresas planas, cuchillas de acero rápido y carburo

Área 3: En esta área se realizan pruebas de estanqueidad para determinar fugas en la grifería y posterior empaque del producto

En la Figura 3.1 Se elaboró un cursograma sinóptico general de los procesos involucrados en el área de mecanizado transfer, asimismo, se determinó los elementos de protección personal para los procesos de estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado y empaque, como se observa en el Anexo II

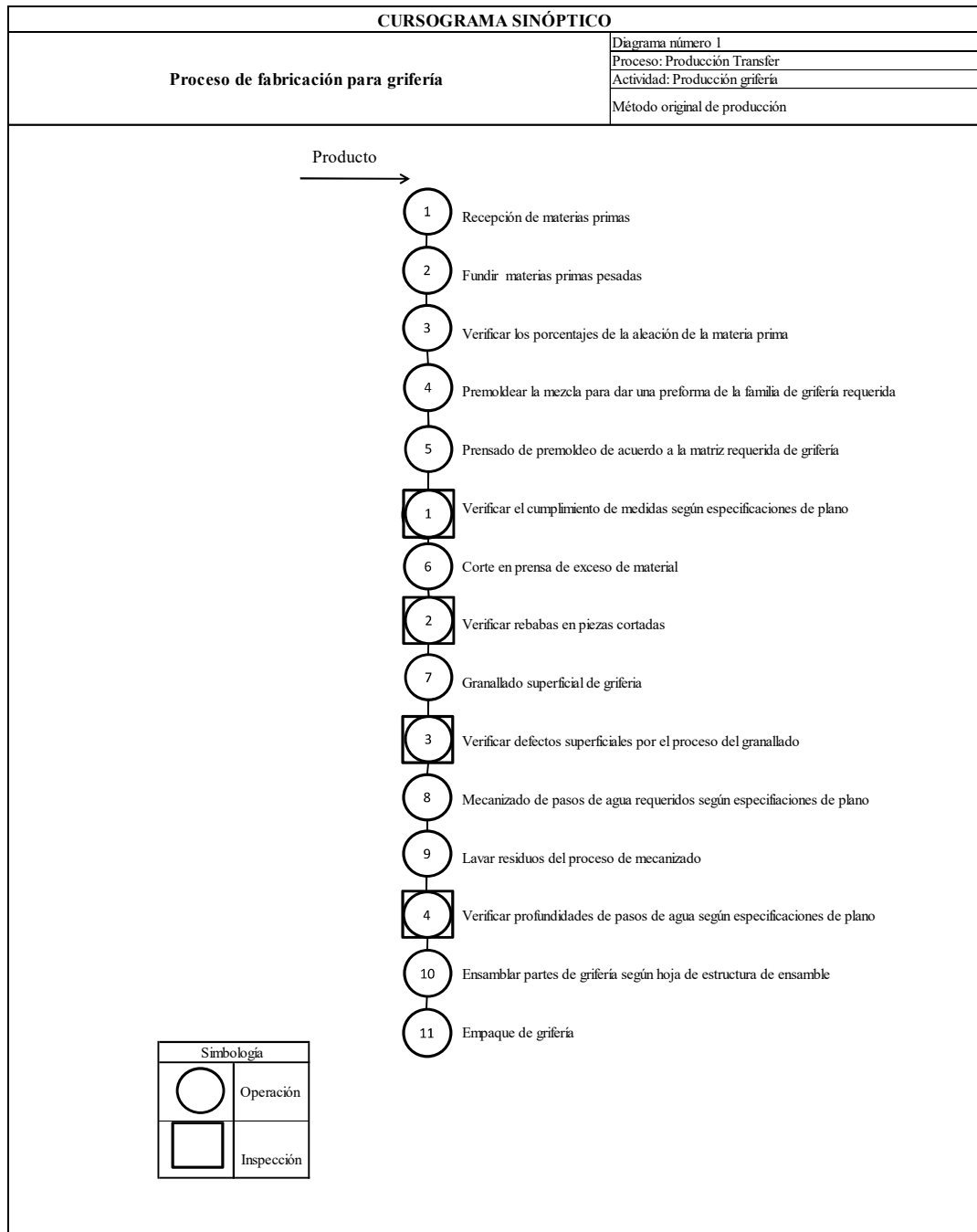


Figura 3.1. Cursograma sinóptico general de producción transfer

3.2. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

Por la gran variedad de productos se realizó un diagrama Pareto de los productos vendidos durante el año 2016, el cual está representado en la Figura 3.2

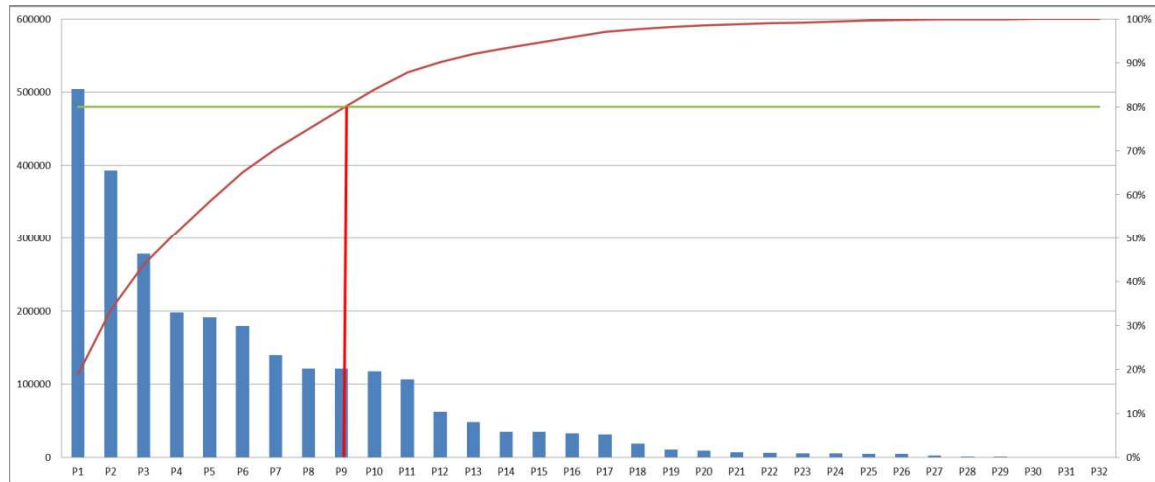


Figura 3.2. Diagrama Pareto de productos vendidos durante el año 2016

Cada producto tiene un proceso distinto de fabricación para grifería. De igual manera, se agruparon los productos más relevantes que comparten un mismo proceso de fabricación en el grupo tipo E, representado en la Tabla 3.1 adicionalmente se realizó el mapa de flujo de valor actual VSM (*Value Stream Mapping*) del proceso

Tabla 3.1. Selección de productos tipo E que comparte el mismo proceso de fabricación

Productos	Productos tipo E que comparte un mismo proceso de fabricación				
	Estampado	Corte prensa	Granallado	Mecanizado	Empaque
P1	x	x	x	x	x
P2	x	x	x	x	x
P5	x	x	x	x	x
P7	x	x	x	x	x
P9	x	x	x	x	x

Una vez determinados los producto tipo E, se detallan a continuación los procesos.

3.2.1. Proceso de estampado

Para el proceso de estampado se realizó 3 observaciones de acuerdo a la Tabla 1.1, debido a que varios procesos sobrepasan los 40 min, la ratificación del número de observaciones se aprecia en el Anexo IV. Con la información de la Tabla AIII.1 tiempos observados del proceso de estampado que se observa en el Anexo III, se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 8 operaciones que se realizan desde que ingresa la materia prima entregada por el proveedor hasta su etapa de salida del proceso de estampado en forma de producto tipo E, que está representada en la Figura 3.3. Se realizó un layout inicial para visualizar el actual diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas, como se aprecia en la Figura AV.1

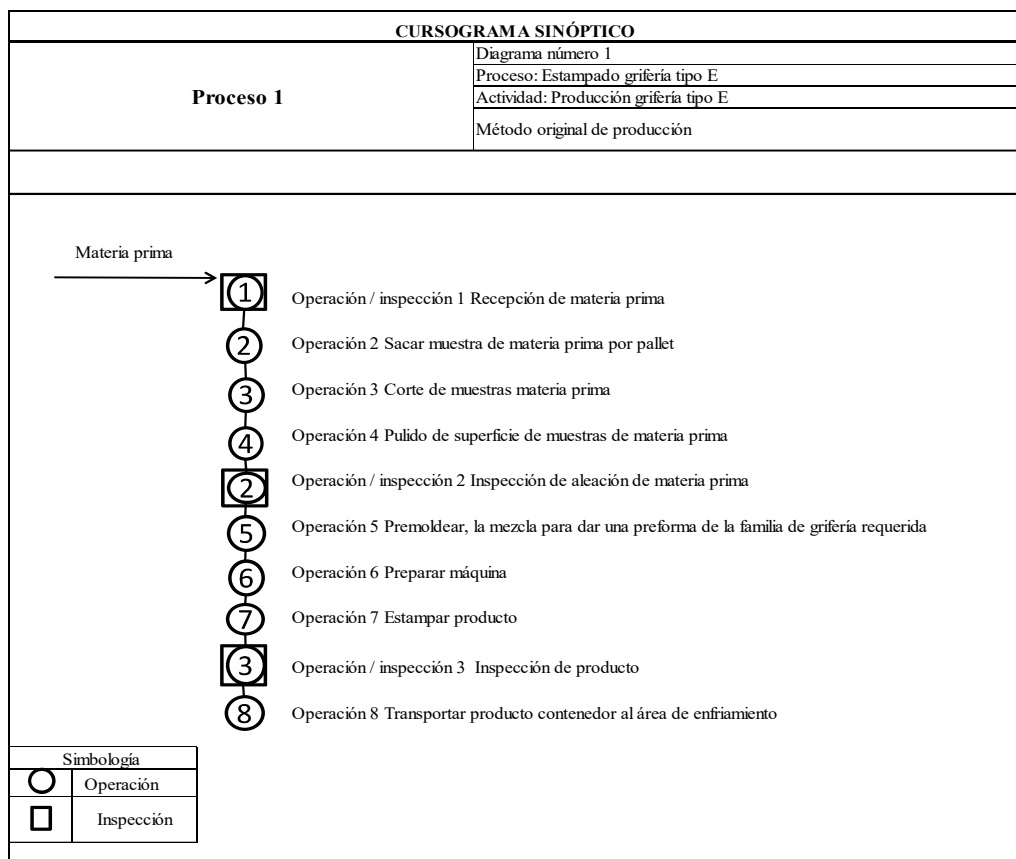


Figura 3.3. Cursograma sinóptico proceso de estampado

En la Figura 3.3 la recepción de la materia se realiza en lingotes de latón con un peso promedio de 12,5 kg cada uno, cada pallet de lingotes cuenta con un peso 1 440 kg, para la descarga de materia prima se emplea un montacargas, se seleccionan 3 muestras de lingotes por cada pallet para realizar el corte y posterior análisis de material, adicionalmente el peso del pallet es 625 kg y para el traslado de la muestras se emplea un patín hidráulico, se reciben 10 pallets para la producción semanal.

Para el corte de lingotes se realiza el traslado del área 1 hasta el área 2, ya que el área de estampado no cuenta con una sierra de cinta para corte, luego del corte se realizó el pulido superficial de caras para el análisis del material mediante el espectrofotómetro el cual analiza la composición del material y su posterior aceptación o rechazo, una vez realizada la recepción de la materia prima, se traslada al área del horno donde se procede a fundir la materia prima, diariamente por turno se procesan aproximadamente 8 100 kg de materia prima.

Adicionalmente se procede al estampado mediante la utilización de matrices, éstas son sometidas a fuerzas de compresión a través de una prensa hidráulica, el resultado será el premoldeo del producto, los cuales son almacenados en contenedores metálicos de 680 kg, diariamente se realizan 4 500 productos premoldeados, de no haber problemas por mantenimiento de las máquinas o rotura de la matriz, el producto premoldeado sale del proceso de estampado con temperaturas superiores a 100 °C, por tal motivo no puede pasar directo al proceso de corte en prensa y se traslada al área de enfriamiento por el tiempo de 1 h a temperatura ambiente.

Con base al layout inicial se realizó el actual diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas como se observa en la Figura AV.1 en el Anexo V.

En la Figura 3.4 se observa el diagrama analítico del proceso de estampado en el cual se identificaron 31 actividades de las cuales 18 son operaciones, 9 de transportes, 1 de espera, 2 de inspecciones y 1 de almacenamiento se tiene un total de 1 634,74 min y un recorrido de 444 m, se identificó 1 actividad de espera por motivo de búsqueda de herramientas el tiempo fue de 20,75 min, es decir, esta actividad consume 1,75 % del tiempo del proceso. Asimismo, en el proceso

En la Tabla 3.2 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de estampado en el cual se identificaron 18 actividades con valor añadido el tiempo es de 1 352,08 min, es decir, que esta actividad consume un 82,46 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 13 actividades sin valor añadido el tiempo es de 287,56 min, es decir, que esta actividad consume un 17,54 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.2. Índice de valor añadido proceso de estampado

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	31	2	6	10	2	1	9	1	27	4
Tiempo de actividades (min)	1 639,64	587,20	335,52	429,37	15,73	28,75	128,08	115,00	923,30	711,44
Actividades (%)	100%	35,81%	20,46%	26,19%	0,96%	1,75%	7,81%	7,01%	56,31%	43,39%
Actividades con valor añadido (min)	1352,08									
Índice de valor añadido (%)	82,46%									
Actividades sin valor añadido (min)	287,56									
Índice sin valor añadido (%)	17,54%									

3.2.2. Proceso de corte en prensa

Para el proceso de corte en prensa se realizó 3 observaciones de acuerdo a la Tabla 1.1, debido a que varios procesos sobrepasan los 40 min, la ratificación del número de observaciones se aprecia en el Anexo IV. Con la información de la Tabla AIII.2 tiempos observados del proceso de corte en prensa que se observa en el Anexo III, se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 6 operaciones que se realizan desde que ingresa el producto de tipo E del proceso de estampado hasta su etapa de salida del proceso de corte en prensa del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.5. Se realizó un layout inicial para visualizar el actual diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas, como se aprecia en la Figura AV.1

En la Figura 3.5 el proceso de corte en prensa se inicia al trasladar un contenedor de 680 kg, con 800 unidades por contenedor, de forma diaria se procesan 4 000 unidades de premoldeo, se utilizó un montacargas para el

traslado al área de corte a la tolva de descarga, se coloca un contenedor vacío de 100 kg en la parte inferior de la prensa para recolectar el exceso de material del producto de premoldeado, de esta manera se reutilizó el exceso de material para fabricar el mismo producto o un diferente producto.

Una vez que se terminó la jornada de trabajo se pesa el producto cortado y es almacenado en un contenedor de 1 300 kg, se procesan 40 00 unidades por contenedor, de forma diaria se procesan 8 000 unidades de premoldeo por turno.

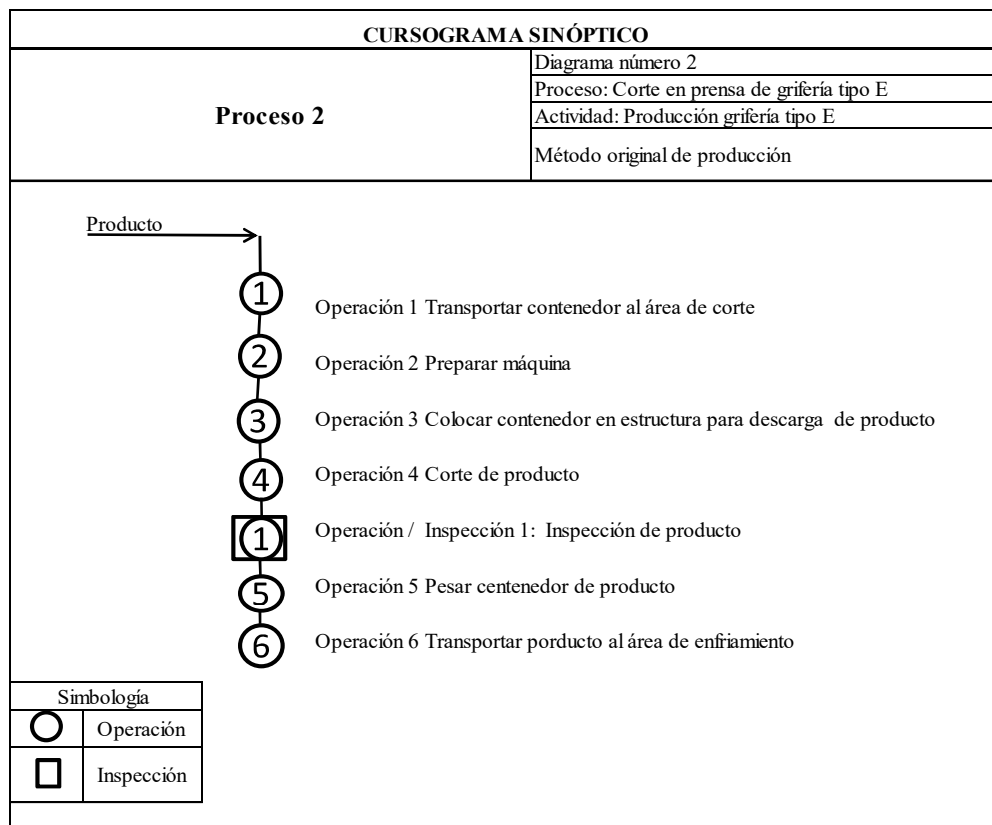


Figura 3.5. Cursograma sinóptico del proceso de corte en prensa

En la Figura 3.6 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identifican 13 actividades de las cuales 5 son operaciones, 6 de transporte, 1 de espera, 1 de inspecciones, con un tiempo total de 967,42 min y un recorrido de 79 m, se identificó 1 actividad de espera por motivo de búsqueda de herramientas el tiempo fue de 27,02 min, es decir, esta actividad consume 2,79 % del tiempo

del proceso. Asimismo al no tener un mantenimiento de la matriz de corte se observó incremento el tiempo de preparación.

Adicionalmente se identificaron 3 actividades de preparación el tiempo es de 97,24 min, es decir, que esta actividad consume un 10,05 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 8 actividades internas (maquina parada) el tiempos es 238,05 min, es decir, que esta actividad consume un 24,61 % del tiempo total del proceso y 5 actividades externas (maquina marcha) el tiempos es 729,38 min, es decir, que esta actividad consume un 75,39 % del tiempo total del proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO					MATERIAL																			
Proceso 2		Diagrama número: 2			ACTIVIDAD		RESUMEN																	
					Actual	Propuesta	Economía																	
Proceso: Corte en prensa de grifería tipo E		Operación			○	5																		
Actividad: Producción grifería tipo E		Transporte			⇒	6																		
Método actual de producción		Espera			⊖	1																		
Realizado por: Ing Darwin Pachacama		Inspección			□	1																		
Lugar: Área de mecanizado transfer		Almacenamiento			▽	0																		
Observaciones generales: tiempos promedios del muestro, se procesan 4 000 unidades de producto		Tiempo (minutos)				967,42																		
		Distancia (metros)				79,00																		
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad (# unidades)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación		Máquina	Observaciones				
					○	⇒	⊖	□	▽	VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa						
1	Transportar contenedor al área de corte	4 000	6	38,59	○	⇒														1	Parada	Montacargas		
2	Bajar matriz de estantería			19,13							1									1	Parada	Montacargas		
3	Transportar matriz a máquina		18	42,12											1					1	Parada	Montacargas		
4	Buscar herramientas			27,02												1					1	Parada		
5	Ensamblar matriz			57,42								1									1	Parada		
6	Calibrar parámetros de máquina			20,70								1									1	Parada		
7	Colocar contenedor en estructura para descarga del producto			8,58							1										1	Parada		
8	Transportar contenedor para recolección de desperdicio		8	24,50												1					1	Parada	Patin hidráulico	
9	Corte de producto			656,67							1										1	Marcha		
10	Inspección de producto			18,20																1		1	Marcha	
11	Transportar contenedor para pesaje de producto		22	22,19																	1	1	Marcha	Montacargas
12	Transportar contenedor al área de granallado		20	12,29																	1	1	Marcha	Montacargas
13	Transportar contenedor de desperdicio a prensa para premoldeo	3 980	5	20,03																	1	1	Marcha	Montacargas
Total		3 980	79	967,42							1	1	3	1	1	6	0			8	5			

Figura 3.6. Cursograma analítico del proceso de corte en prensa

En la Tabla 3.3 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de corte en prensa en el cual se identificaron 5 actividades con valor añadido el tiempo es de 762,49 min, es decir, que esta actividad consume un 78,82 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 8 actividades sin valor añadido el tiempo es de 204,94 min, es decir, que esta actividad consume un 21,18 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.3. Índice de valor añadido proceso de corte en prensa

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	13	1	1	3	1	1	6	0	8	5
Tiempo de actividades (min)	967,42	656,67	8,58	97,24	18,20	27,02	159,72	0,00	238,05	729,38
Actividades (%)	100%	67,88%	0,89%	10,05%	1,88%	2,79%	16,51%	0,00%	24,61%	75,39%
Actividades con valor añadido (min)	762,49									
Índice de valor añadido (%)	78,82%									
Actividades sin valor añadido (min)	204,94									
Índice sin valor añadido (%)	21,18%									

3.2.3. Proceso de granallado

Para el proceso de corte en prensa se realizó 3 observaciones de acuerdo a la Tabla 1.1, debido a que varios procesos sobrepasan los 40 min, la ratificación del número de observaciones se aprecia en el Anexo IV. Con la información de la Tabla AIII.3 tiempos observados del proceso de granallado que se observa en el Anexo III, se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 6 operaciones que se realizan desde que ingresa el producto tipo E del proceso de corte en prensa hasta su etapa de salida del proceso de granallado del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.7. Se realizó un layout inicial para visualizar el actual diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas, como se aprecia en la Figura AV.1

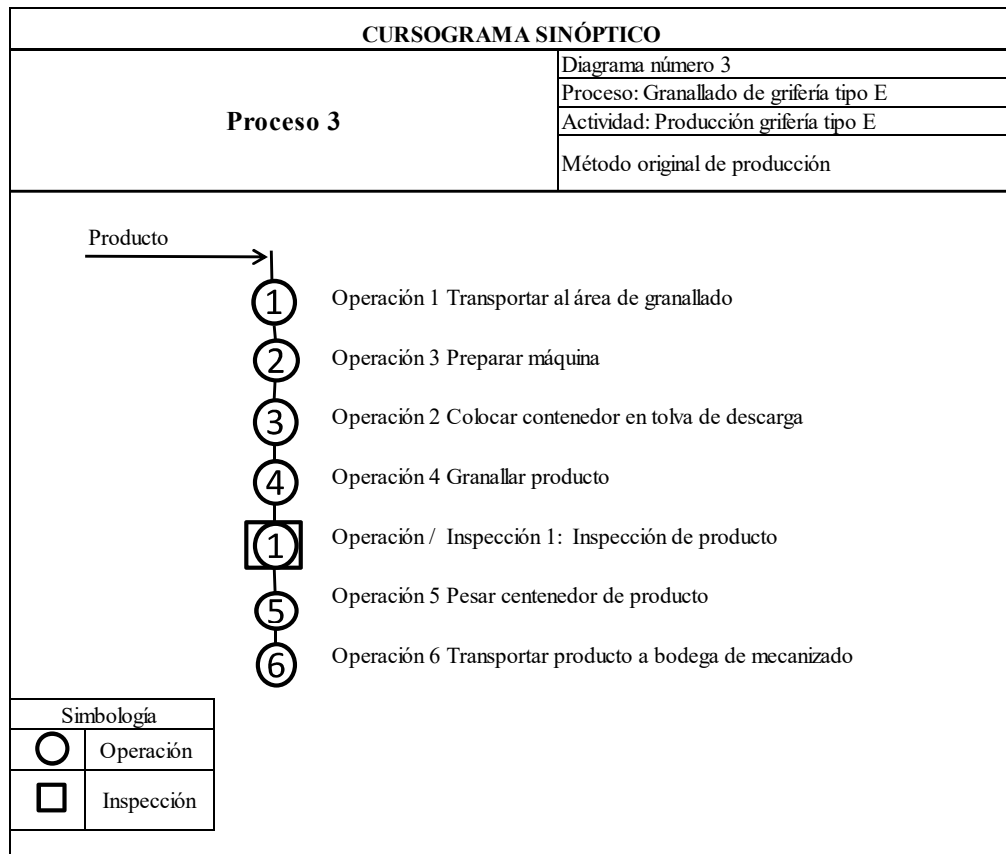


Figura 3.7. Cursograma sinóptico del proceso de granallado

En la Figura 3.7 el proceso de granallado inicia al trasladar un contenedor de 1 300 kg, con 4 000 unidades por contenedor, de forma diaria se procesan 8 000 unidades de premoldeo, se utiliza un montacargas para el traslado al área de corte a la tolva de descarga, se observó una limitante en el granallado del producto, el peso máximo de granallado es de 100 kg en un tiempo aproximado de 15 min, la carga se realiza de forma manual, la cantidad introducida es percepción del trabajador de turno, de esta manera al descargar el producto si excede el peso de 100 kg se observa un deficiente acabado superficial, si disminuye el peso de 100 kg el acabado superficial se deteriora por rozamiento.

Se descarga el producto granallado de la máquina en una mesa de selección al 100 % del producto, esta actividad es monótona y requiere de mucha concentración y buena visión por parte del trabajador para observar los defectos en el producto producidos por el granallado, terminada la jornada el trabajador traslada el contenedor de 1 300 kg, con 4 000 unidades por contenedor al área

de pesaje y registra la producción y luego se traslada a la bodega de mecanizado, para el movimiento del contenedor se utiliza un montacargas.

En la Figura 3.8 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identificaron 10 actividades de las cuales 6 son operaciones, 3 de transportes, 0 de espera, 1 de inspecciones, con un tiempo total de 557,86 min y un recorrido de 105 m.

Adicionalmente se identificó 1 actividad de preparación el tiempo es de 4,48 min, es decir, que esta actividad consume un 0,80 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 7 actividades internas (maquina parada) el tiempos es 87,26 min, es decir, que esta actividad consume un 15,64 % del tiempo total del proceso y 3 actividades externas (maquina marcha) el tiempos es 470,59 min, es decir, que esta actividad consume un 84,36 % del tiempo total del proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO					MATERIAL																		
Proceso 3		Diagrama número: 3		ACTIVIDAD	RESUMEN																		
					Actual			Propuesta			Economía												
Proceso: Granallado de grifería tipo E				Operación	○	6																	
Actividad: Producción grifería tipo E				Transporte	⇒	3																	
Método actual de producción				Espera	D	0																	
Realizado por Ing Darwin Pachacama				Inspección	□	1																	
Lugar: Área de mecanizado transfer				Almacenamiento	▽	0																	
Observaciones generales: tiempos promedios del muestro, se procesan 7 896 unidades de producto				Tiempo (minutos)	557,86																		
				Distancia (metros)	105,00																		
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad (# unidades)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación		Máquina	Observaciones			
					○	⇒	D	□	▽	VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa					
1	Transportar contenedor al área de granallado	7 896	15	12,32	●														1	1	Parada	Montacargas	
2	Colocar contenedor en tova de descarga			10,08	●						1									1		Parada	Montacargas
3	Calibrar parámetros para granallar producto			4,48	●							1								1		Parada	
4	Cargar producto a máquina			13,96	●						1									1		Parada	100 kg máximo
5	Granallar producto			15,69	●					1											1	Marcha	
6	Descargar producto de máquina			15,33	●						1									1		Parada	
7	Inspección de producto			13,79	●								1								1	Marcha	
8	Clasificar producto bueno			441,11	●						1										1	Marcha	
9	Transportar contenedor para pesaje de producto		30	18,96	●									1						1		Parada	Montacargas
10	Transportar contenedor de producto a bodega de mecanizado	7 810	60	12,13	●											1				1		Parada	Montacargas
Total		7 810	105	557,86						2	3	1	1		2	1			7	3			

Figura 3.8. Cursograma analítico del proceso de granallado

En la Tabla 3.4 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de granallado en el cual se identificaron 18 actividades con valor añadido el tiempo es de 1 352,08 min, es decir, que esta actividad consume un 82,46 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 13 actividades sin valor añadido el tiempo es de 287,56 min, es decir, que esta actividad consume un 17,54 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.4. Índice de valor añadido del proceso de granallado

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	10	2	3	1	1		2	1	7	3
Tiempo de actividades (min)	557,86	456,80	39,37	4,48	13,79	0,00	31,28	12,13	87,26	470,59
Actividades (%)	100%	81,89%	7,06%	0,80%	2,47%	0,00%	5,61%	2,17%	15,64%	84,36%
Actividades con valor añadido (min)	500,66									
Índice de valor añadido (%)	89,75%									
Actividades sin valor añadido (min)	57,20									
Índice sin valor añadido (%)	10,25%									

3.2.4. Proceso de mecanizado

Para el proceso de mecanizado se realizó 3 observaciones de acuerdo a la Tabla 1.1, debido a que varios procesos sobrepasan los 40 min, la ratificación del número de observaciones se aprecia en el Anexo IV. Con la información de la Tabla AIII.4 tiempos observados del proceso de granallado que se observa en el Anexo III.

Se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 6 operaciones que se realizan desde que ingresa el producto tipo E del proceso de granallado hasta su etapa de salida del proceso de mecanizado del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.9. Se realizó un layout inicial para visualizar el actual diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas, como se aprecia en la Figura AV.2

En la Figura 3.9 el proceso de mecanizado inicia con la inspección del producto almacenado en bodega, por tal motivo la preparación lleva una jornada de trabajo, al realizar la preparación se suscitan muchos inconvenientes en la búsqueda de herramientas, porta herramientas, dispositivos de sujeción y herramientas para anclaje.

Adicionalmente se observó que cada parte que conforma la preparación está en diferente lugar, lo cual ocasiona búsquedas y recorridos innecesarios, de ser encontrados no garantiza el buen funcionamiento, es decir, estos imprevistos prologan el tiempo de preparación, se determinó que el proceso de mecanizado tiene el mayor número de ciclos de trabajo, esto dificulta el manejo de stock en herramientas y no permite el funcionamiento continuo de las máquinas.

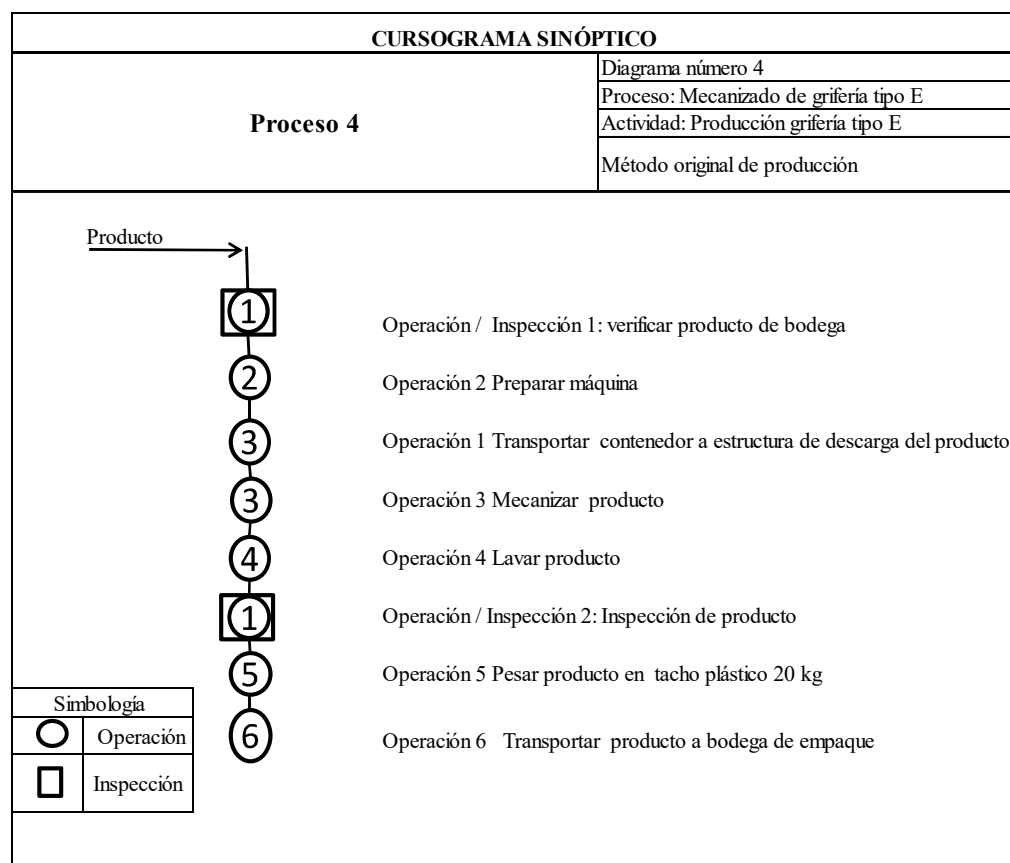


Figura 3.9. Cursograma sinóptico del proceso de mecanizado

Además incurre en mantenimientos correctivos, una vez terminada la preparación se procede a trasladar el contenedor de 1 300 kg de peso para el mecanizado con el uso del montacargas, al terminar la producción se almacena en tachos plásticos que no excedan los 20 kg los cuales son almacenados en un pallet, adicionalmente se registra la producción y luego se traslada a la bodega de empaque con el uso de un patín hidráulico.

En la Figura 3.10 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identificaron 38 actividades de las cuales 19 son operaciones, 12 de transportes, 3 de espera, 3 de inspección y 1 de almacenamiento, con un tiempo total de 1 167,77 min y un recorrido de 250 m, se identificaron 5 actividades de espera por motivo de búsquedas el tiempo fue de 172,17 min, es decir, esta actividad consume 14,74 %, además, se evidencio que durante la jornada laboral se presentan paradas no programadas para mantenimientos correctivos, la falta de stock de repuestos, un personal que no se encuentre capacitado lo cual genera un deterioro anticipado de los equipos.

CURSOGRAMA ANALITICO				MATERIAL RESUMEN																		
Proceso 4	Diagrama número: 4	ACTIVIDAD	Símbolo	Economía																		
				Actual	Propuesta																	
Proceso: Mecanizado de grifería tipo E		Operación	○	19																		
Actividad: Producción grifería tipo E		Transporte	⇒	12																		
Método actual de producción		Espera	□	3																		
Realizado por Ing Darwin Pachacama		Inspección	□	3																		
Lugar: Área de mecanizado transfer		Almacenamiento	▽	1																		
Observaciones generales: tiempos promedios del muestro, se procesan 1.500 unidades de producto		Tiempo (minutos)		1 167,77																		
		Distancia (metros)		250,00																		
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad (# unidades)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación		Máquina	Observaciones		
					○	⇒	□	▽		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa				
1	Inspección de producto en bodega	1 500		2,06														1		Parada		
2	Sacar protecciones de máquinas			4,98								1						1		Parada		
3	Sacar coche de lavado de producto			1,24								1						1		Parada		
4	Limpiar máquina			19,22								1						1		Parada		
5	Buscar planes de inspección			5,26										1				1		Parada		
6	Trasladar planes de inspección a máquina		14	0,84								1						1		Parada		
7	Buscar preparatorio y calibres de control		48	9,61										1				1		Parada		
8	Trasladar preparatorio y calibres de control		22	0,50								1						1		Parada		
9	Buscar herramienta de bodega según preparatorio y porta herramientas		14	126,55										1				1		Parada		
10	Trasladar herramienta de bodega según preparatorio y porta herramientas		6	8,70											1			1		Parada		
11	Verificar funcionamiento unidades de mecanizado			2,97										1				1		Parada		
12	Transportar coche preparatorio a máquina		26	11,57													1	1		Parada		
13	Ensamblar porta herramientas en máquina			41,13								1						1		Parada		
14	Trasladar dispositivos de sujeción de producto a máquina		25	0,49													1	1		Parada		
15	Buscar herramientas de mano (Llaves Allen, Límimas, Bujes, Racha, Pernos)			15,63										1				1		Parada		
16	Transportar herramientas de mano (Llaves Allen, Límimas, Bujes, Racha, Pernos)		15	0,31													1	1		Parada		
17	Desamar mordazas de máquina			10,04								1						1		Parada		
18	Desamar porta herramientas de máquina			22,05								1						1		Parada		
19	Limpiar mordazas y porta herramientas			4,85								1						1		Parada		
20	Transportar coche con mordazas y porta herramientas a armario de dispositivos		8	7,68													1	1		Parada		
21	Buscar mordazas, porta herramientas y piezas patrón			15,12										1				1		Parada		
22	Transportar coche a máquina		6	2,00													1	1		Parada		
23	Ensamblar porta herramientas unidades roscadoras			2,99								1						1		Parada		
24	Ensamblar porta herramientas múltiples			20,86								1						1		Parada		
25	Ensamblar porta herramientas en máquina			16,81								1						1		Parada		
26	Ensamblar mordaza patrón para calibración de unidades			14,56								1						1		Parada		
27	Retroceder unidades para calibración			10,56								1						1		Parada		
28	Calibrar unidades y avances de máquina			29,68								1						1		Parada		
29	Ensamblar 3 mordazas filantes			13,90								1						1		Parada		
30	Calibrar 3 mordazas filantes			31,19								1						1		Parada		
31	Transportar contenedor a estructura de descarga del producto		20	13,28													1	1		Parada	Montacargas	
32	Mecanizar muestras de producto			0,10								1							1	Marcha		
33	Corte de muestra producto		17	9,93								1						1		Marcha		
34	Inspección de producto			14,25										1				1		Marcha		
35	Trasladar a máquina coche de lavado de producto		3	2,08								1						1		Marcha		
36	Mecanizar producto			663,33								1						1		Marcha		
37	Trasladar a pesaje de producto		5	5,41													1	1		Parada	Montacargas	
38	Transportar tacho plástico de 20 kg de producto a bodega de empaque	1 490	21	6,06														1	1	Parada	Patin hidráulico	
Total		1 490	250	1 167,77								3	3	15	2	5	9	1	33	5		

Figura 3.10. Cursograma analítico del proceso de mecanizado

Adicionalmente se identificaron 15 actividades de preparación el tiempo es de 200,31 min, es decir, que esta actividad consume un 17,15 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 33 actividades internas (maquina parada) el tiempos es 478,09 min, es decir, que esta actividad consume un 40,94 % del tiempo total del proceso y 5 actividades externas (maquina marcha) el tiempos es 689,69 min, es decir, que esta actividad consume un 59,06 % del tiempo total del proceso.

En la Tabla 3.5 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de mecanizado en el cual se identificaron 21 actividades con valor añadido el tiempo es de 920,84 min, es decir, que esta actividad consume un 78,85 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 17 actividades sin valor añadido el tiempo es de 246,94 min, es decir, que esta actividad consume un 21,15 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.5. Índice de valor añadido del proceso de mecanizado

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	38	3	3	15	2	5	9	1	33	5
Tiempo de actividades (min)	1 167,77	673,36	47,17	200,31	5,02	172,17	63,69	6,06	478,09	689,69
Actividades (%)	100%	57,66%	4,04%	17,15%	0,43%	14,74%	5,45%	0,52%	40,94%	59,06%
Actividades con valor añadido (min)	920,84									
Índice de valor añadido (%)	78,85%									
Actividades sin valor añadido (min)	246,94									
Índice sin valor añadido (%)	21,15%									

3.2.5 Proceso de empaque

Para el proceso de mecanizado se realizó 3 observaciones de acuerdo a la Tabla 1.1, debido a que varios procesos sobrepasan los 40 min, la ratificación del número de observaciones se aprecia en el Anexo IV. Con la información de la Tabla AIII.5 tiempos observados del proceso de granallado que se observa en el

Anexo III, se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 6 operaciones que se realizan desde que ingresa el producto tipo E del proceso de mecanizado hasta su etapa de salida del proceso de empaque del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.11. Se realizó un layout inicial para visualizar el actual diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas, como se aprecia en la Figura AV.2

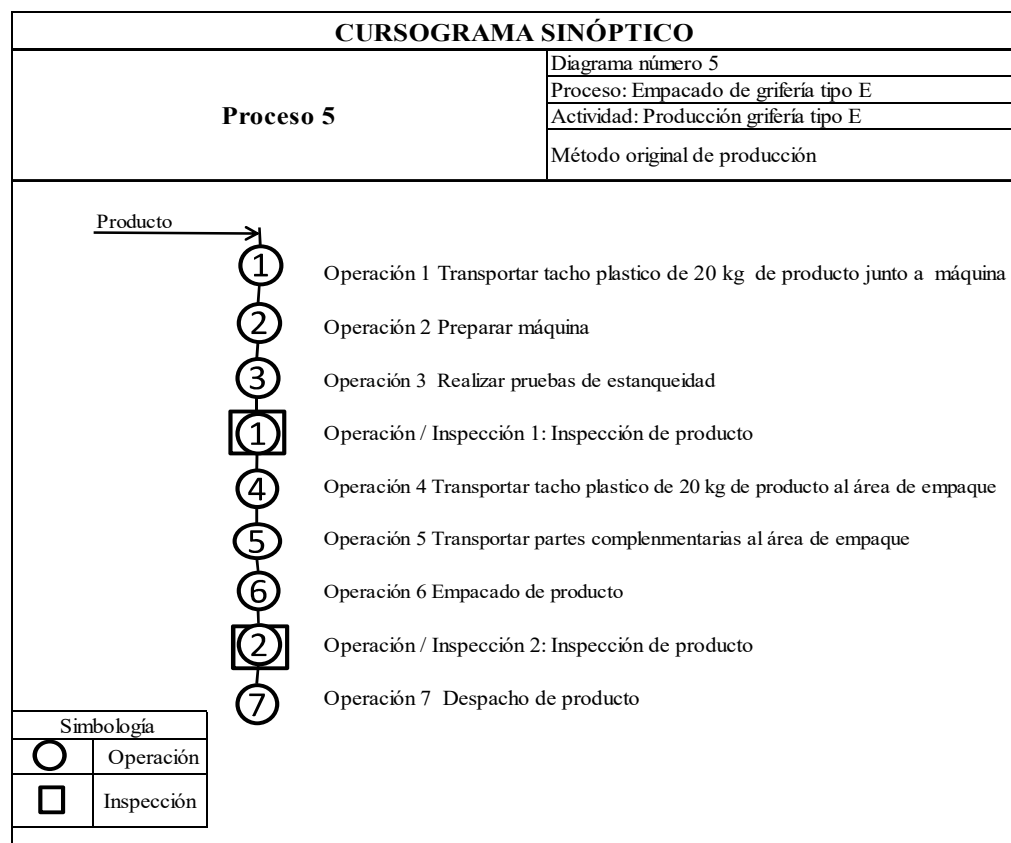


Figura 3.11. Cursograma sinóptico del proceso de empaque

En la Figura 3.11 el proceso de empaque inicia con el traslado del pallet de 10 tachos plásticos, el cual pesa 200 kg y se traslada a la máquina para las pruebas de estanqueidad y posterior selección de grifería con fugas, la preparación y calibración no son prolongadas, pero no cuenta el área con stock de repuestos para las pruebas de estanqueidad, lo cual ocasiona imprevistos de último momento. Además, se incrementó el tiempo para realizar las pruebas de estanqueidad, adicionalmente mantenimientos ineficientes, la falta de stock de repuestos y mano de obra capacitada también influye en el incremento del tiempo

de mantenimiento, se encontró que la búsqueda de partes complementarias y material de empaque ocasiona improvisar material de empaque y en muchos casos se posterga el ensamble del producto.

En la Figura 3.12 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identificaron 15 actividades de las cuales 4 son operaciones, 6 de transportes, 3 de espera, 2 de inspecciones, con un tiempo total de 1 029,43 min y un recorrido de 156 m, se identificaron 2 actividades de espera por motivo de búsquedas el tiempo fue de 26,24 min, es decir, esta actividad consume 2,39 %, además, se evidenció la falta de stock de repuestos, las actividades de búsqueda para el abastecimiento de partes complementarias y material de empaque para el área de ensamblaje generan pérdidas de tiempo innecesarias.

Adicionalmente se identificaron 2 actividades de preparación el tiempo es de 49,23 min, es decir, que esta actividad consume un 2,39 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 12 actividades internas (maquina parada) el tiempos es 686,15 min, es decir, que esta actividad consume un 62,57 % del tiempo total del proceso y 3 actividades externas (maquina marcha) el tiempos es 410,51 min, es decir, que esta actividad consume un 37,43 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.6. Índice de valor añadido del proceso de empaque

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	15	2	1	2	2	2	5	1	12	3
Tiempo de actividades (min)	1 096,65	914,03	26,20	49,23	11,97	26,24	52,26	16,72	686,15	410,51
Actividades (%)	100%	83,35%	2,39%	4,49%	1,09%	2,39%	4,77%	1,52%	62,57%	37,43%
Actividades con valor añadido (min)	989,45									
Índice de valor añadido (%)	90,22%									
Actividades sin valor añadido (min)	107,20									
Índice sin valor añadido (%)	9,78%									

La estimación de tolerancias y suplementos se determinó mediante la Tabla 2.2 para cada ciclo de acuerdo a las condiciones de cada proceso, de esta manera se solicitó la colaboración de tres personas involucradas en cada proceso (jefe de producción, jefe de mantenimiento y el operario) se estimaron las tolerancias de cada proceso, se consideró para la calificación la carga de trabajo la cual se otorgó un puntaje alto en los ítems de fatiga, esfuerzo para levantar peso, ruido, esfuerzo mental y monotonía como se indica en la Tabla 3.7 hasta la Tabla 3.11

Tabla 3.7. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de estampado

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Producción	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Estampado
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	4
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	0
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5			
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13	13	13	13
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	10
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2			
c) Intermitente-muy fuerte	5	5	5	
d) De alto volumen-fuerte	5			5
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			4
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	
c) Excesiva	4			4
Puntaje		39	41	51
Tolerancia media		43,67		

Tabla 3.8. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso corte en prensa

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Corte
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	4
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5			
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9	9		
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13		13	13
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	8
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	
c) Intermitente-muy fuerte	5			5
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			4
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	32	38	48
	Tolerancia media	39,33		

Tabla 3.9. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso granallado

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Granallado
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	4
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5	5		
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13		13	13
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	8
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	
c) Intermitente-muy fuerte	5			5
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			4
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	28	38	48
	Tolerancia media	38,00		

Tabla 3.10. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de mecanizado

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Mecanizado
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	4
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5	5		
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13		13	13
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	7
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			5
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	
c) Intermitente-muy fuerte	5			5
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			
c) Muy complicado	8			8
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	
c) Excesiva	4			4
	Puntaje	28	38	57
	Tolerancia media	41,00		

Tabla 3.11. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de empaque

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Empaque
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	4
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5	5		
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13		13	13
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	0
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	3
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	2
c) Intermitente-muy fuerte	5			
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			4
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	28	38	38
	Tolerancia media	34,67		

Los resultados del estudio de medición de tiempos se aprecian en la Tabla 3.12, en la cual se puede ver que el proceso con mayor tiempo estándar es el proceso de estampado con 2 348,63 minutos y el de menor tiempo estándar es el proceso de granallado con 769,85 minutos

Tabla 3.12. Tiempos de ciclo, básico y estándar de cada proceso antes de implementar mejoras

Proceso	Tiempo de ciclo (min)	Tiempo básico (min)	Suplementos (%)	Tiempo estándar (min)
Estampado	1 634,74	1 634,74	43,67	2 348,63
Corte en prensa	967,42	967,42	39,33	1 347,91
Granallado	557,86	557,86	38,00	769,85
Mecanizado	1 167,77	1 167,77	41,00	1 646,55
Empaque	1 096,65	1 096,65	34,67	1 476,86

Se determinó el takt time de cada proceso al aplicar la Ecuación 1.5, además, se determinó el número de ciclos semana que requiere cada proceso, que se representa en la Tabla 3.13, el proceso con mayor carga de trabajo fue el área de mecanizado con 7 ciclos por semana y su takt time es 0,69 minuto/unidad

Tabla 3.13. Takt time de los procesos antes de implementar mejoras

Proceso	Ciclos / semana	Tiempo	Producción		Takt time
		Ciclo (min)	Ciclo (unidades)	Total (unidades)	min/unidad
Estampado	3	1 634,74	4 500,00	13 500,00	0,36
Corte en prensa	2	967,42	4 000,00	8 000,00	0,24
Granallado	3	557,86	8 000,00	24 000,00	0,07
Mecanizado	7	1 167,77	1 700,00	11 900,00	0,69
Empaque	4	1 096,65	2 500,00	10 000,00	0,44

Se determinó la productividad de cada proceso del área de mecanizado transfer al aplicar la Ecuación 1.1, se consideró los siguientes datos de costos que se aprecian a detalle en el Anexo VIII:

Tabla 3.14. Productividad de los procesos antes de implementar mejoras

Proceso	Producción ciclo (unidades)	Costo Mp (\$)	Costo Mo (\$)	Costo Ep (\$)	Productividad (unidades/ \$)
Estampado	4500	22783,50	561,69	31,40	0,193
Corte en prensa	4000	20252,00	120,90	6,13	0,196
Granallado	8978	9827,20	44,03	0,67	0,909
Mecanizado	1700	2116,50	255,32	19,92	0,711
Empaque	2000	996,00	232,58	2,18	1,625

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de estampado se obtuvo con la información de la Figura 3.4, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.15. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.1 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.15. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de estampado antes de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Descargar materia prima	54,51	1 160,62	1 634,74	71,00
Sacar muestras de materia prima	54,82			
Cortar muestras de materia prima	87,13			
Pulir superficie de cada muestra cortada	27,07			
Aceptar o rechazar materia prima	14,38			
Analizar muestras de premoldeo	4,90			
Estampado de producto	582,30			
Preparación	335,52			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de corte en prensa se obtuvo con la información de la Figura 3.6, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.16. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.2 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.16. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de corte en prensa antes de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Colocar contenedor en estructura para descarga del producto	8,58	762,49	967,42	78,82
Corte de producto	656,67			
Preparación	97,24			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de granallado se obtuvo con la información de la Figura 3.8, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.17. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.3 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.17. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de granallado antes de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Colocar contenedor en tolva de descarga	10,08	500,66	557,86	89,75
Cargar producto a máquina	13,96			
Granallar producto	15,69			
Descargar producto de máquina	15,33			
Clasificar producto bueno	441,11			
Preparación	4,48			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de mecanizado se obtuvo con la información de la Figura 3.10, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.18. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.4 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.18. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de mecanizado antes de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Ensamblar 3 mordazas faltantes	13,90	920,84	1 167,77	78,85
Calibrar 3 mordazas faltantes	31,19			
Mecanizar muestras de producto	0,10			
Corte de muestra de producto	9,93			
Trasladar a máquina coche de lavado de producto	2,08			
Mecanizar producto	663,33			
Preparación	200,31			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de empaque se obtuvo con la información de la Figura 3.12, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.19. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.5 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas

Tabla 3.19. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de empaque antes de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Realizar pruebas de estanqueidad	374,33	989,45	1096,65	90,22
Buscar partes complementarias	26,20			
Empacar producto	539,69			
Preparación	49,23			

3.2.6. Mapeo de la cadena de valor actual

De acuerdo al estudio realizado en las secciones anteriores se identificó la cadena de valor actual que se observa en la Figura 3.13, asimismo, se determinó el indicador OEE (*Overall Equipment Efficiency*) antes de las mejoras que se representa en la Tabla 3.20, en el cual se aprecia que el proceso de estampado tiene calificación aceptable con 81 %, además, su cálculo se aprecia en el Anexo AVIII.

Tabla 3.20. Indicador OEE de cada proceso antes de implementar mejoras

Proceso	OEE inicial (%)	Calificación
Estampado	81%	Aceptable
Corte en prensa	68%	Regular
Granallado	67%	Regular
Mecanizado	69%	Regular
Empaque	68%	Regular

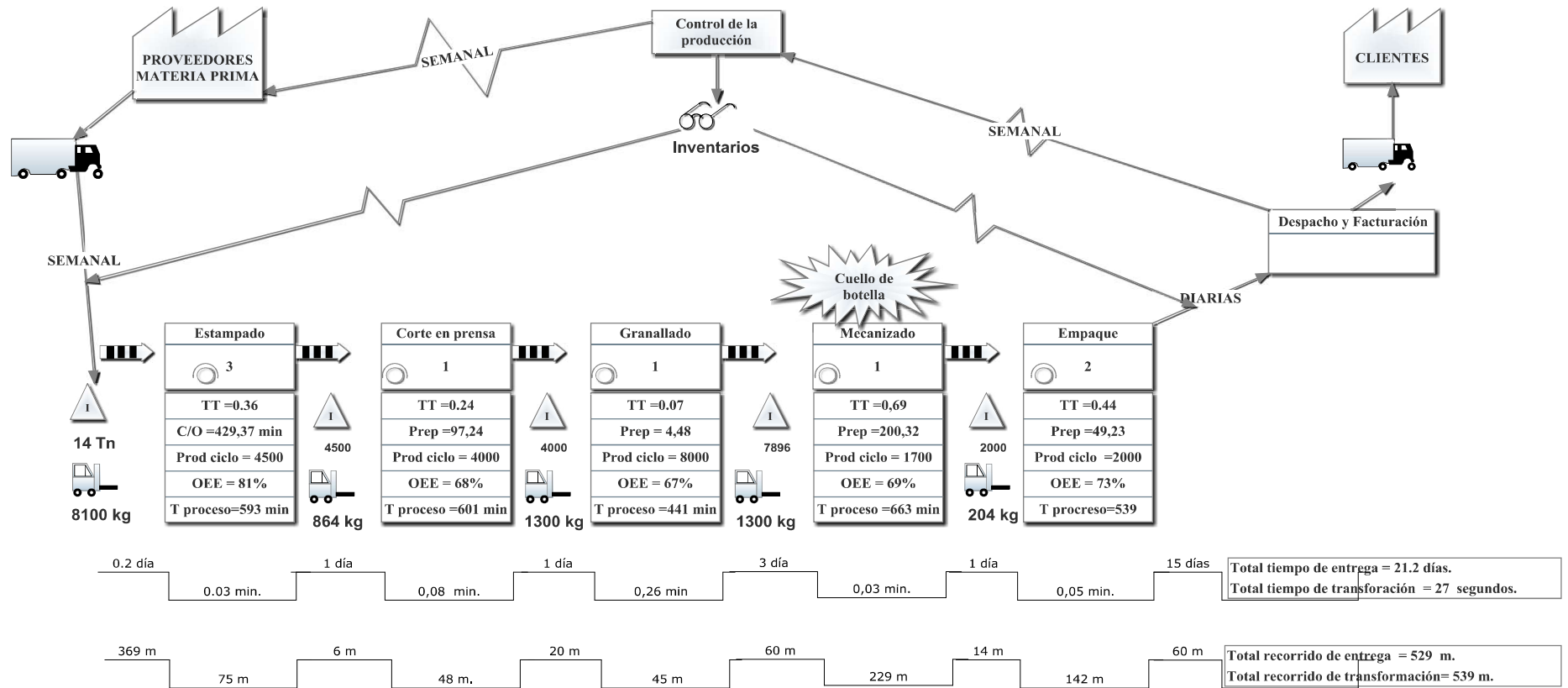


Figura 3.13. Mapa de cadena de valor actual del área de mecanizado transfer del producto E de grifería antes de implementar mejoras

3.3. ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN DE MEJORAS CON BASE EN LA METODOLOGÍA “LEAN MANUFACTURING”

Con los datos recopilados de los meses de enero-abril del año 2017, de las hojas de producción con las causas de las paradas más comunes, se realizó un diagrama de Pareto que se observa en la Figura 3.14, donde se identificaron 5 causas principales que son: preparación, falla mecánica, falta de materia prima, falla eléctrica.

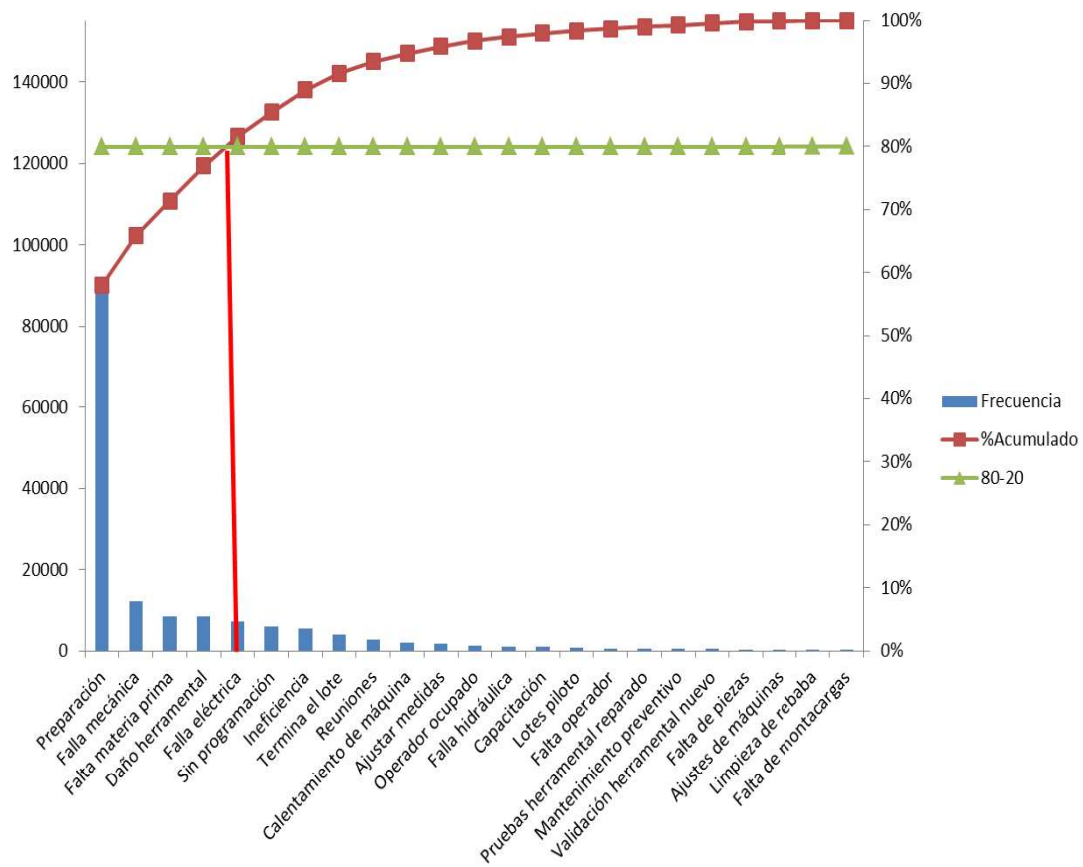


Figura 3.14. Diagrama Pareto de la principales causas de parada durante la producción de grifería tipo E

De acuerdo a las causas identificadas en la Figura 3.14, se utilizaron diferentes técnicas Lean para mejorar la productividad del área transfer, como se observa en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21. Técnicas *Lean* seleccionadas para cada proceso del área de mecanizado Transfer

Proceso	Dificultades	Técnicas Lean	
Estampado	1.-Traslados extensos para realizar actividades 2.- Demoras en los tiempos de preparación 3.- Pérdidas en búsquedas de herramientas 4.- Fallas de mantenimiento	5 S SMED TPM	VSM
Corte en prensa	1.- Demoras en los tiempos de preparación 2.- Pérdidas en búsquedas de herramientas 4.- Fallas de mantenimiento	5 S SMED TPM	
Granallado	1.- Defectos en producto 2.- Pérdidas en búsquedas de herramientas	5 S	
Mecanizado	1.-Traslados extensos para realizar actividades 2.- Demoras en los tiempos de preparación 3.- Pérdidas en búsquedas de herramientas 4.- Fallas de mantenimiento	5 S SMED TPM	
Empaque	1.- Demoras en los tiempos de preparación 2.- Pérdidas de tiempo en búsquedas de herramientas	5 S	

3.4. IMPLANTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA, CON BASE EN LA METODOLOGÍA “*LEAN MANUFACTURING*”

Para mantener un ambiente *Lean manufacturing* se aplicó la técnica 5s, de esta manera se clasificó todo lo útil, se separó lo obsoleto y se alcanzó un correcto orden y limpieza en cada área de trabajo, lo cual facilitó las condiciones de trabajo para crear un ambiente de disciplina que es difícil de conseguir por motivos culturales. La técnica 5s en la actualidad es implementada por pocas organizaciones.

La técnica 5s fue implantada en los procesos: estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado, empaque.

- **Seiri: Clasificar**

Se identificaron para cada proceso herramientas de uso frecuente, las cuales se clasificaron en estantería con su código de identificación, adicionalmente las herramientas de uso no frecuente se identificaron con tarjeta roja y se ubicaron en un sitio para evaluación durante 6 meses y las herramientas obsoletas o en mal estado se desecharon, de igual manera, se compró nuevas herramientas para reemplazar las de mal estado, como se indica en el Anexo X

- **Seiton: Ordenar**

Se designó lugares específicos para cada proceso para el correcto almacenaje de herramientas, preparatorios, planos, además, se compró estanterías, canceles y se realizó un mantenimiento a las mesas de trabajo de cada proceso para tener una mejor distribución de las herramientas de uso frecuente y que estén a disposición del operario durante la jornada de trabajo para evitar pérdidas de tiempo por búsquedas de herramientas. Asimismo, se fabricó un amplio stock de repuestos para las matrices de cada proceso en el caso de roturas o desgastes, adicionalmente se compró un stock de repuestos de uso frecuente para los equipos de cada proceso para el área de mantenimiento.

- **Seiso: Limpieza**

Se planificaron metas para realizar la limpieza en cada proceso los cuales se realizaron al término de la jornada laboral durante 10 minutos; piezas fabricadas, partes ensambladas, producto terminado, limpieza de herramientas, equipos, áreas de trabajo, pasillos, de igual manera, se designó personas para la limpieza de cada proceso y se dotó de insumos de limpieza, además, se designó un lugar para el almacenaje de los insumos de limpieza.

- **Seiketsu: estandarizar**

Se designó al Jefe de turno de cada proceso para realizar las inspecciones de limpieza y que se cumplan las 3s implantadas, asimismo, se realizó charlas de las 3s los días viernes a las 15:00 pm para compartir novedades ocurridas durante la semana de trabajo y brindar apoyo.

- **Shitsuke: Disciplina**

Se elaboró una lista de chequeo de las 5s, el Jefe de grupo de cada proceso realizó una inspección del cumplimiento de la implantación de cada s y solventar problemas durante la implantación, asimismo crear un hábito de trabajo seguro y disciplinado, se realizó una la lista de chequeo para garantizar el cumplimiento de cada s, como se observa en el Anexo AVIX.1

También, se aplicó la técnica SMED, de esta manera se identificó las operaciones internas con maquina parada y operaciones externas con maquina en marcha, de igual manera las operaciones se consideraron desde que inicia la fabricación de un nuevo producto hasta que finaliza, en la fase de análisis de producción se realizó el diagnóstico de la situación actual del SMED de cada proceso, lo cual facilitó la identificación de operaciones y su conversión.

La técnica SMED fue implantada en los procesos: estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado, empaque.

Se definieron 4 fases de implantación:

Fase 1. Identificar operaciones internas y operaciones externas

Se realizó cursogramas analíticos de cada proceso y análisis de índice de valor añadido a cada proceso como se aprecia en la Sección 3.2 Análisis de la producción, asimismo, se identificaron operaciones internas con máquina parada y operaciones con maquina en marcha.

Fase 2. Convertir operaciones internas a operaciones externas

Se realizó un análisis de las operaciones de preparación con el equipo de trabajo y el jefe de grupo de cada proceso, de esta manera seleccionar operaciones internas con maquina parada y su conversión a operaciones cuando la máquina se encuentre en marcha, de esta manera generar flujo de trabajo.

Fase 3. Organizar operaciones externas máquina en marcha

Se realizó una lista de chequeo para garantizar el cumplimiento de la técnica SMED, como se aprecia en Anexo XI.2, esta inspección la realiza el jefe de grupo de cada proceso, de esta prever pérdidas de tiempo por búsqueda de herramientas, utillajes y materia prima.

Fase 4. Reducir operaciones internas máquina parada

Se realizó una bodega para el almacenaje de herramientas y stock de repuestos para el mantenimiento en cada proceso y se designó una persona responsable con funciones principales de identificar stock de herramientas y repuestos de equipos requeridos, además, se designó funciones de descartar herramientas defectuosas con el uso y su pronta restitución, asimismo, se compró 5 pistolas de impacto para reducir los tiempos de ajuste de pernos durante la preparación, como se aprecia en el Anexo X

Se aplicó TPM, para mantener una disponibilidad de los equipos en cada proceso, además, se compró stock de repuestos y herramientas que se requieren para realizar los mantenimientos de los equipo

La técnica TPM fue implantada en los procesos: estampado, corte en prensa, granallado, mecanizado, empaque

El TPM fue implantado de la siguiente manera para cada proceso

Identificar averías en procesos críticos

Se realizó un AMFE en los procesos críticos de estampado, corte en prensa, mecanizado para la detección de averías, corte en prensa y mecanizado, estas máquinas son susceptibles a daños correctivos frecuentes, como se aprecian en las Tabla 3.22 hasta la Tabla 3.24

Capacitar al personal de mantenimiento

Se capacitó a los operarios de turno sobre los de tipos mantenimiento a realizar en los equipos, la importancia de la planificación del mantenimiento y el stock de repuestos que se manejan el inventario de cada proceso

Organizar operaciones de TPM

Se realizó una lista de chequeo para garantizar el cumplimiento del TPM, como se aprecia en el Anexo XI.2, esta inspección la realizó el jefe de grupo de cada proceso, además, se compró un stock amplio de repuestos de los equipos de cada proceso los cuales fueron almacenados en la bodega del mismo.

Implantar indicador OEE de TPM

Se calculó el indicador OEE (índice de eficiencia global de los equipos) de cada equipo en cada proceso, se aplicó la Ecuación 1,6 como se aprecia en el Anexo VIII, además la calificación del estado del indicador se realizó de acuerdo a la Tabla 1.4

En la Tabla 3.22 Se realizó el análisis del modo de falla y sus efectos (FMEA) del equipo en el proceso de estampado, el principal modo de fallo fue la ineficiencia al bajar el martillo de golpe, la causa de falla fue por desgaste de los retenedores, para su pronto arreglo se recomienda cambiar el retenedor dañado y tener en stock del inventario en mantenimiento, además de realizar una inspección visual del nivel de aceite del equipo y la presión de los manómetros, esto influye en paradas no programadas para el mantenimiento del equipo.

En la Tabla 3.23 Se realizó el análisis del modo de falla y sus efectos (FMEA) del equipo en el proceso de corte en prensa, el principal modo de fallo fue el daño

herramental, la causa de falla fue por rotura del útil por error en la preparación, para su pronto arreglo se recomienda capacitar al preparador de turno, además de revisar el instructivo de preparación, esto influye en paradas no programadas por mantenimiento.

En la Tabla 3.24 Se realizó el análisis del modo de falla y sus efectos (FMEA) del equipo en el proceso de mecanizado, el principal modo de fallo es herramental por desgaste, la causa de falla fue por no llevar una verificación visual con el instrumento de medición calibrador pie de rey cuando termine la producción para el cumplimiento de medidas bajo especificaciones de plano, se recomienda cambiar el herramental desgastado y tener un stock de inventario para el recambio, esto influye en paradas no programadas por mantenimiento.

Tabla 3.22. FMEA para equipo del proceso de estampado

AMEF																	
AMEF DE: <input checked="" type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Proceso		ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA						División: Grifería		Ingeniero: Anderson Pachacama							
		AMEF No. 001						Área: Transfer									
Proveedor afectado.		Descripción		Nombre del Equipo: Berrenberg (Prensa1)		Número: M.01 Modelo: RSPP 400		Departamentos involucrados: Producción		Fecha: 22-07-2017							
										Hoja 1 de 1							
Descripción del equipo	Función del equipo	# Falla	Modo de falla	Efecto de la falla	Causa de la falla	Situación Actual				Acciones recomendadas	Responsable	Situación Actual					
						Acciones actuales	O C U R	S E V E	D E T E			NPR	Acciones adoptadas	O C U R	S E V E	D E T E	NPR
Prensa de golpe	Forjado de grifería	1	Ineficiencia al bajar martillo de golpe	Baja el rendimiento de la máquina Baja la vida útil de los retenedores Incremento del consumo de aceite	Desgaste de retenedores	Cambiar retenedores	5	6	1	30	Inspección visual del nivel del aceite Verificar presión del Manómetro (25-35) Bomba externa calen	Mantenimiento mecánico	Se implanto lo recomendado	2	1	4	8
		2	Se traba eje guía	No hay arranque de máquina	No existe cambio de ceite hidráulico (Hd68) Taponamiento de la cañería	Encender máquina 15 minutos	8	6	1	48	Calentar inicio de turno 30 min	Personal de preparación	se implanto lo recomendado	3	2	1	6
		3	Falla hidráulica, se rompen mangera	Derrame de aceite	Vida util de mangueras	Cambio de mangueras	2	6	1	12	Inspección de mangueras inicio de jornada Disposición cruce de mangueras	Mantenimieto mecánico	se implanto lo recomendado	2	1	1	2
		4	Falla al subir martillo de golpe	No sube martillo	Fallas de reles	Cambiar sensores	3	5	1	15	Inspección de reles y sensores antes de preparación	Personal de preparación	se implanto lo recomendado	3	1	1	3

Tabla 3.23. FMEA para equipo del proceso de corte en prensa

AMEF																	
AMEF DE: <input checked="" type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Proceso			ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA AMEF No. 002						División: Grifería Área: Transfer		Ingeniero: Anderson Pachacama						
Proveedor afectado.		Descripción		Nombre del Equipo: Schoen (cortadora1)		Número: M.02 Modelo: 2RPRI 100		Departamentos involucrados: Producción			Fecha: 22-07-2017 Hoja 1 de 1						
Descripción del Equipo	Función del Equipo	# Falla	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual				Acciones Recomendadas	Responsable	Situación Actual					
						Acciones Actuales	O C U R	S E U V E	D E T E			NPR	Acciones Adoptadas	O C U R	S E U V E	D E T E	NPR
Prensa de corte	corte de grifería	1	No cierran las mordazas	No sujeta matricería	Falla electroválvula no llega voltaje	Cambio de rele Verificar electroválvula Verificar luces piloto en las fichas de la electroválvula	2	5	1	10	Verificar señal de electroválvula Verificar presión del sistema manometro	Verificar Mantenimieto eléctrico	Se implanto lo recomendado	2	2	1	4
		2	Daño herramental	Rotura del util de corte	Error en preparación	Verificar procedimiento de preparación	8	6	1	48	Capacitar preparador de turno Instructivo de preparación por máquina	Supervisor de sección	Se implanto lo recomendado	3	2	1	6
		3	Daño bomba refrigerante	Sin refrigeración de corte	Verificar el nivel de refrigerante Se traba valvula de pie Taponamiento con viruta	Cambar de sellos Cambiar impeler de la bomba Verificar nivel de taladrina	2	2	1	4	Inspección durante mantenimiento preventivo cada 3 meses, stock de impeler	Mantenimieto mecánico	Se implanto lo recomendado	2	1	1	2
		4	Falla eléctrica #6 cartucho de voltaje	Se sobrecarga en motor Calentamiento de unidad	Desgaste del cartucho de voltaje	Cambiar cartuchode voltaje	3	5	1	15	Registro de vida util Desechar cartucho	Mantenimieto eléctrico	Se implanto lo recomendado	2	2	1	4

Tabla 3.24. FMEA para equipo del proceso de mecanizado

AMEF																	
AMEF DE: <input checked="" type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Proceso			ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA AMEF No. 003						División: Grifería Área: Transfer			Ingeniero: Anderson Pachacama					
Proveedor afectado.		Descripción		Nombre del Equipo: TRZ Transfer		Número: M.04 Modelo: RTF.4.135.200.40.CNC		Departamentos involucrados: Producción			Fecha: 22-07-2017						
Descripción del Equipo	Función del Equipo	# Falla	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual				Acciones Recomendadas	Responsable	Situación Actual					
						Acciones Actuales	O C U R	S E V E	D E T E			NPR	Acciones Adoptadas	O U R	S E V E	D E T E	NPR
Transfer de 8 unidades	Mecanizado de grifería	1	Ineficiencias lentas todas las unidades	Baja el rendimiento de la máquina Baja la vida útil de los retenedores Incremento del consumo de aceite	Desgaste de retenedores	Cambiar retenedores	5	1	6	30	Verificar nivel del aceite Verificar presión del sistema (Manómetro Máquina (25-35)	Mantenimiento mecánico	se implanto lo recomendado	2	2	1	4
		2	Centramiento de mordaza unidad #1 y ajustede medidas unidad #23	Baja fuerza de sujeción del producto para mecanizado	Desgaste de guía de mordaza	Cambiar de guía Rectificar	2	6	1	12	Verificar presión del sistema (Manómetro Máquina (25-35) Stock repuestos de guía	Mantenimiento mecánico	se implanto lo recomendado	2	2	1	4
		3	Falla herramental # 21 1/2 x 14 NPT B No cumple	No cumple calibre Prb 1/2 x 14 NPT	No cumple longitud especificada en plano	Cambiar herramental defectuoso	3	6	1	18	Verificar herramental nuevo y de afilado bajo especificación de plano Stock de herramientas	Personal de preparación	se implanto lo recomendado	1	2	1	2
		4	Falla herramental unid #42, #33, #32	No cumple acabado superficial requerido No cumplen calibres de control	Desgaste de herramental	Cambiar herramental defectuoso comprar calibre pie de rey	8	8	1	64	Control de medidas de herramental bajo especificación de plano por lotes fabricados Stock de herramientas	Personal de preparación	se implanto lo recomendado	2	1	1	2
		5	No regresa unidad #31 y #33	Colisión de las herramientas	Fallas de los micros Fallas de sensores Mala calibración de sensores al preparar máquina Sensores sucios	Limpieza de sensores Cambiar contactores Cambiar rele Ubicación correcta d	7	9	1	63	Inspección funcionamiento de contactores y reles cada 6 meses	Personal de preparación	se implanto lo recomendado	2	2	1	4
		6	Cabezal no gira	No arranca preparación No arranca producción	Presión del sistema Cierre de mordazas Falla de electroválvulas	Cambio de retenedores Verificar apertura de mordazas Verificar presión del sistema	3	9	1	27	Inspección visual de fuga de aceite cada ingreso de turno y durante jornada de trabajo	Mantenimiento mecánico	se implanto lo recomendado	2	2	1	4

3.5. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE MECANIZADO LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA *LEAN MANUFACTURING*

3.5.1. Proceso de Estampado

Con la información de las observaciones se elaboró la Tabla AIII.6 que se aprecia en el Anexo III, adicionalmente se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 8 operaciones que se realizan desde que ingresa la materia prima entregada por el proveedor hasta su etapa de salida del proceso de estampado en forma de producto tipo E, que está representada en la Figura 3.15, se elaboró el diagrama analítico el cual está representado en la Figura 3.16. Se realizó un layout final para visualizar el nuevo diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas como se observa en la Figura AV.3

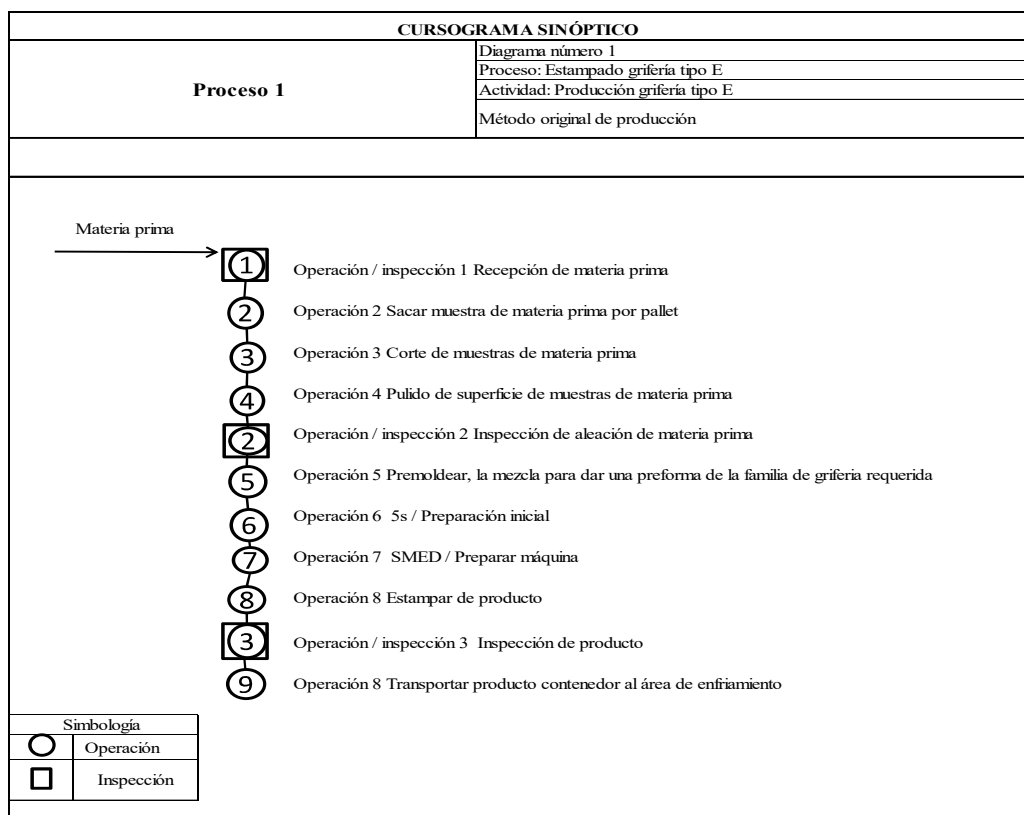


Figura 3.15. Cursograma sinóptico del proceso de estampado después de implementar mejoras

Adicionalmente en la Figura 3.16, se identificaron 10 actividades de preparación el tiempo es de 160,99 min, es decir, que esta actividad consume un 16,88 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 5 operaciones internas (maquina parada) el tiempo es 183,23 min, es decir, que esta actividad consume un 19,22 % del tiempo total del proceso y 25 operaciones externas (maquina en marcha) el tiempo es 770,37% min, es decir, que esta actividad consume un 80,79 % del tiempo total del proceso.

En la Tabla 3.25 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de estampado después de implementar *Lean Manufacturing*, en el cual se identificaron 18 actividades con valor añadido el tiempo es de 953,60 min, es decir, que esta actividad consume un 84,41 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 12 actividades sin valor añadido el tiempo es de 148,67 min, es decir, que esta actividad consume un 15,59 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.25. Índice de valor añadido proceso de estampado después de implementar mejoras

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	30	2	6	10	2	0	9	1	5	25
Tiempo de actividades (min)	953,60	433,34	210,61	160,99	15,73	0,00	17,94	115,00	183,23	770,37
Actividades (%)	100%	45,44%	22,09%	16,88%	1,65%	0,00%	1,88%	12,06%	19,22%	80,79%
Actividades con valor añadido (min)	804,94									
Índice de valor añadido (%)	84,41%									
Actividades sin valor añadido (min)	148,67									
Índice sin valor añadido (%)	15,59%									

3.5.2. Proceso de Corte en prensa

Con la información de las observaciones se elaboró la Tabla AIII.7 que se aprecia en el Anexo III, adicionalmente se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 7 operaciones que se realizan desde que ingresa del proceso

de estampado el producto tipo E hasta su etapa de salida del proceso de corte en prensa del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.17, se elaboró el diagrama analítico el cual está representado en la Figura 3.18, se realizó un layout final para visualizar el nuevo diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas como se observa en la Figura AV.3

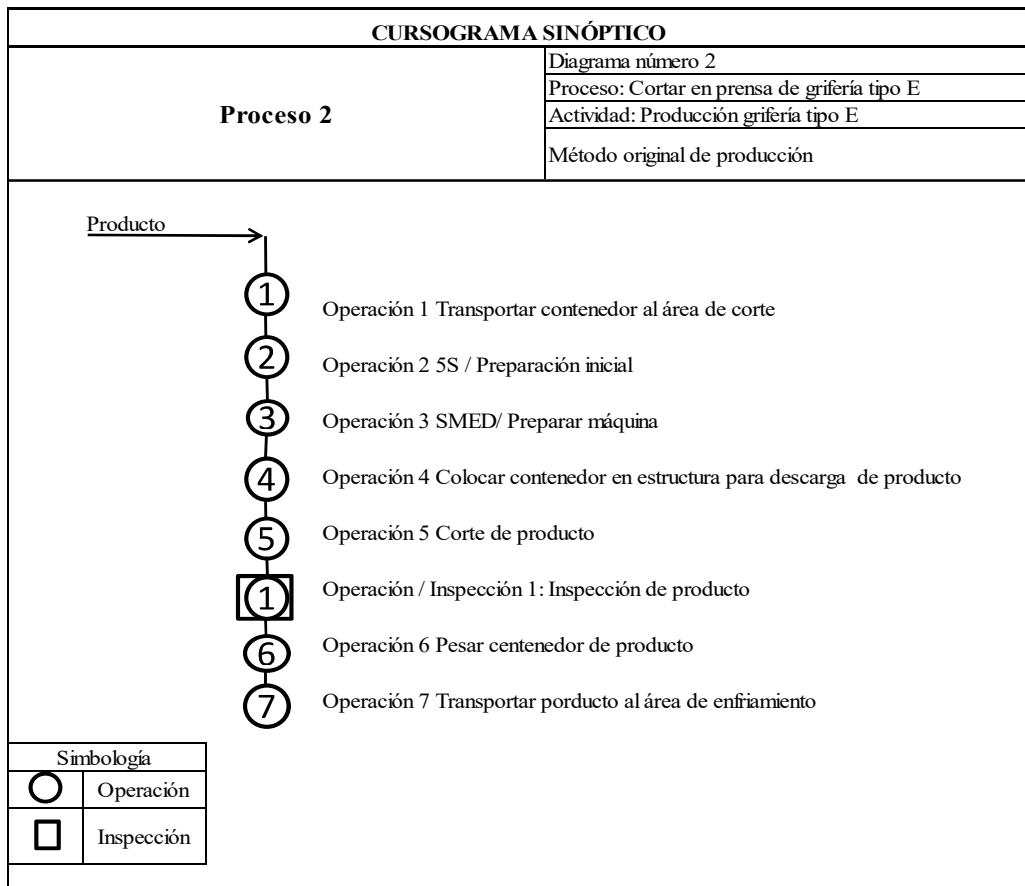


Figura 3.17. Cursograma sinóptico del proceso de corte en prensa después de implementar mejoras

En la Figura 3.18 se presenta el diagrama analítico del proceso en el cual se identifican 12 actividades de las cuales 5 son operaciones, 6 de transportes y 1 inspección, se eliminó actividades de búsquedas y esperas, se tiene un total de 536,86 min y un recorrido de 230 m, se identificaron operaciones internas con maquina parada las cuales se evaluaron y posterior se cambiaron a operaciones externas con maquina en marcha.

469,91 min, es decir, que esta actividad consume un 86,60 % del tiempo total del proceso.

En la Tabla 3.26 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de corte en prensa después de implementar *Lean Manufacturing*, en el cual se identificaron 5 actividades con valor añadido el tiempo es de 482,22 min, es decir, que esta actividad consume un 89,82 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 7 actividades sin valor añadido el tiempo es de 54,64 min, es decir, que esta actividad consume un 10,18 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.26. Índice de valor añadido proceso de corte en prensa después de implementar mejoras

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	12	1	1	3	1	0	6	0	5	7
Tiempo de actividades (min)	953,60	433,83	2,47	45,92	18,20	0,00	36,44	0,00	71,95	464,91
Actividades (%)	100%	80,81%	0,46%	8,55%	3,39%	0,00%	6,79%	0,00%	13,40%	86,60%
Actividades con valor añadido (min)	482,22									
Índice de valor añadido (%)	89,82%									
Actividades sin valor añadido (min)	54,64									
Índice sin valor añadido (%)	10,18%									

3.5.3. Proceso de Granallado

Con la información de las observaciones se elaboró la Tabla AIII.8 que se aprecia en el Anexo III, adicionalmente se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 7 operaciones que se realizan desde que ingresa del proceso de corte en prensa el producto tipo E hasta su etapa de salida del proceso de granallado del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.19, se elaboró el diagrama analítico el cual está representado en la Figura 3.20, se realizó un layout final para visualizar el nuevo diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas como se observa en la Figura AV.3

En la Figura 3.20 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identifican 10 actividades de las cuales 6 son operaciones, 3 de transportes, 0 de esperas, 1 de inspección, con un tiempo total de 339,26 min y un recorrido de 125 m, se identificaron operaciones internas con maquina parada las cuales se evaluaron y posterior se cambiaron a operaciones externas con maquina en marcha.

Se eliminaron actividades de búsquedas y esperas, se creó una bodega para el almacenaje de herramientas, preparatorios, dispositivos de sujeción y se compró cancelas para operarios para que puedan guardar sus herramientas, además se compró stock de repuestos críticos de los equipos para realizar mantenimiento,

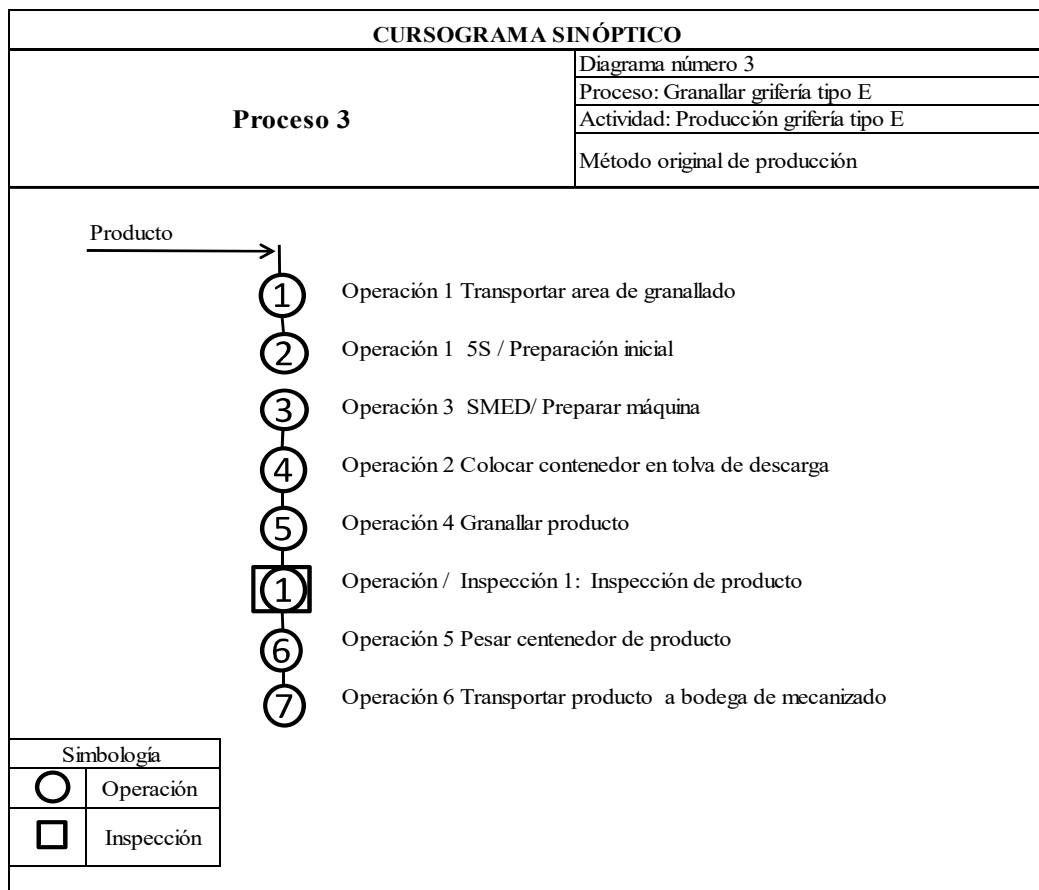


Figura 3.19. Cursograma sinóptico del proceso de granallado después de implementar mejoras

CURSOGRAMA ANALÍTICO					MATERIAL																
Proceso 3	Diagrama número: 3	ACTIVIDAD	RESUMEN		Economía																
			Actual	Propuesta																	
Proceso: Granallado de grifera tipo E		Operación	○	6																	
Actividad: Producción grifera tipo E		Transporte	⇒	3																	
Método actual de producción		Espera	D	0																	
Realizado por: Ing Darwin Pachacama		Inspección	□	1																	
Lugar: Área de mecanizado transfer		Almacenamiento	▽	0																	
Observaciones generales: tiempos promedios del muestro, se procesan 7 896 unidades de producto		Tiempo (minutos)		339,26																	
		Distancia (metros)		125,00																	
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad (# unidades)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Agrega valor			No agrega valor				Tipo de operación		Máquina	Observaciones	
					○	⇒	D	□	▽	VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa			
1	Transportar contenedor al área de granallado	7 896	35	6,76	●													1		Parada	Montacargas
2	Colocar contenedor en tova de descarga			2,86	●					1								1		Parada	Montacargas
3	Calibrar parámetros para granallar producto			4,48	●						1							1		Parada	
4	Cargar producto a máquina			2,85	●					1								1		Parada	100 kg máximo
5	Granallar producto			15,69	●					1									1	Marcha	
6	Descargar producto de máquina			4,78	●					1								1		Parada	
7	Inspección de producto			13,79	●							1							1	Marcha	
8	Clasificar producto bueno			283,07	●					1									1	Marcha	
9	Transportar contenedor para pesaje de producto		30	2,29	●									1					1	Marcha	Montacargas
10	Transportar contenedor de producto a bodega de mecanizado	7 810	60	2,68	●										1				1	Marcha	Montacargas
Total		7 810	125	339,26						2	3	1	1	0	2	1	5	5			

Figura 3.20. Cursograma analítico del proceso de granallado después de implementar mejoras

Adicionalmente se identificó 1 actividad de preparación el tiempo es de 4,48 min, es decir, que esta actividad consume un 1,32 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 5 operaciones internas (maquina parada) el tiempo es 21,73 min, es decir, que esta actividad consume un 6,41 % del tiempo total del proceso y 5 operaciones externas (maquina en marcha) el tiempo es 317,57% min, es decir, que esta actividad consume un 93,59 % del tiempo total del proceso.

En la Tabla 3.27 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de granallado después de implementar *Lean Manufacturing*, en el cual se identificaron 6 actividades con valor añadido el tiempo es de 313,73 min, es decir, que esta actividad consume un 92,47 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 4 actividades sin valor añadido el tiempo es de 25,53 min, es decir, que esta actividad consume un 7,53 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.27. Índice de valor añadido proceso de granallado después de implementar mejoras

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	10	2	3	1	1	0	2	1	5	5
Tiempo de actividades (min)	557,86	298,77	10,48	4,48	13,79	0,00	9,06	2,68	21,73	317,53
Actividades (%)	100%	88,06%	3,09%	1,32%	4,06%	0,00%	2,67%	0,79%	6,41%	93,59%
Actividades con valor añadido (min)	313,73									
Índice de valor añadido (%)	92,47%									
Actividades sin valor añadido (min)	25,53									
Índice sin valor añadido (%)	7,53%									

3.5.4. Proceso de Mecanizado

Con la información de las observaciones se elaboró la Tabla AIII.9 que se aprecia en el Anexo III, adicionalmente se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 7 operaciones que se realizan desde que ingresa del proceso de granallado el producto tipo E hasta su etapa de salida del proceso de mecanizado del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.21, se elaboró el diagrama analítico el cual está representado en la Figura 3.22, se realizó un layout final para visualizar el nuevo diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas como se observa en la Figura AV.4

En la Figura 3.22 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identifican 25 actividades de las cuales 17 son operaciones, 4 de transportes, 0 de esperas, 3 de inspecciones y 1 de almacenamiento, con un tiempo total de 653,71 min y un recorrido de 98 m, se identificaron operaciones internas con maquina parada las cuales se evaluaron y posterior se cambiaron a operaciones externas con maquina en marcha.

Se eliminaron actividades de búsquedas y esperas, se creó una bodega para el almacenaje de herramientas, preparatorios, dispositivos de sujeción y se compró cancelas para operarios para que puedan guardar sus herramientas, además se

compró stock de repuestos críticos de los equipos para realizar mantenimiento, además, se dio mantenimiento de la celda de carga para ser el granallado, también se compró el stock de abrasivo para el trabajo de granallado, se determinó la frecuencia de cambio de abrasivo por acabado defectuoso en la grifería.

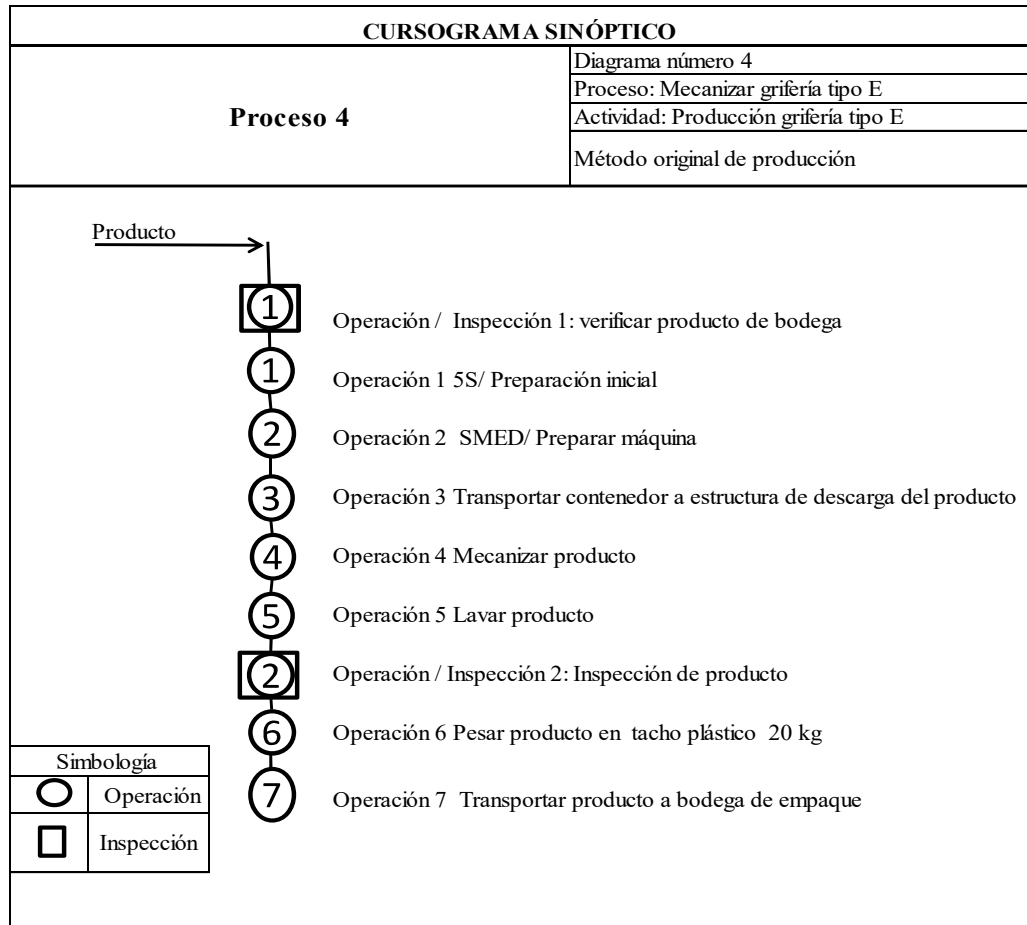


Figura 3.21. Cursograma sinóptico del proceso de mecanizado después de implementar mejoras

Adicionalmente se identificaron 12 actividades de preparación el tiempo es de 188,34 min, es decir, que esta actividad consume un 28,81 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 16 operaciones internas (maquina parada) el tiempo es 106,67 min, es decir, que esta actividad consume un 16,32 % del tiempo total del proceso y 9 operaciones externas (maquina marcha) el tiempo es 547,04 % min, es decir, que esta actividad consume un 83,69 % del tiempo total del proceso

En la Tabla 3.28 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de mecanizado después de implementar *Lean Manufacturing*, en el cual se identificaron 17 actividades con valor añadido el tiempo es de 632,84 min, es decir, que esta actividad consume un 96,81 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se identificaron 8 actividades sin valor añadido el tiempo es de 30,88 min, es decir, que esta actividad consume un 3,19 % del tiempo total del proceso

Tabla 3.28. Índice de valor añadido proceso de mecanizado después de implementar mejoras

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	25	3	2	12	3	0	4	1	16	9
Tiempo de actividades (min)	653,71	428,05	16,45	188,34	10,38	0,00	9,99	0,50	106,67	547,04
Actividades (%)	100%	65,48%	2,52%	28,81%	1,59%	0,00%	1,53%	0,08%	16,32%	83,68%
Actividades con valor añadido (min)	632,84									
Índice de valor añadido (%)	96,81%									
Actividades sin valor añadido (min)	20,88									
Índice sin valor añadido (%)	3,19%									

3.5.5. Proceso de Empaque

Con la información de las observaciones se elaboró la Tabla AIII.10 que se aprecia en el Anexo III, adicionalmente se procedió a realizar el cursograma sinóptico en el cual se observó 9 operaciones que se realizan desde que ingresa del proceso de mecanizado el producto tipo E hasta su etapa de salida del proceso de empaque del producto tipo E, que está representada en la Figura 3.23, se elaboró el diagrama analítico el cual está representado en la Figura 3.24, se realizó un layout final para visualizar el nuevo diagrama de recorrido y la distribución de las máquinas como se observa en la Figura AV.4

En la Figura 3.24 se realizó el diagrama analítico del proceso en el cual se identificaron 14 actividades de las cuales son 6 operaciones, 6 de transportes, 0 de esperas, 2 de inspecciones, con un tiempo total de 778,54 min y un recorrido

de 156 m, se identificaron operaciones internas con maquina parada las cuales se evaluaron y posterior se cambiaron a operaciones externas con maquina en marcha.

Se eliminaron actividades de búsquedas y esperas, se creó una bodega para el almacenaje de herramientas, preparatorios, dispositivos de sujeción y se compró cancelas para operarios para que puedan guardar sus herramientas, además se compró stock de repuestos críticos de los equipos para realizar mantenimiento.

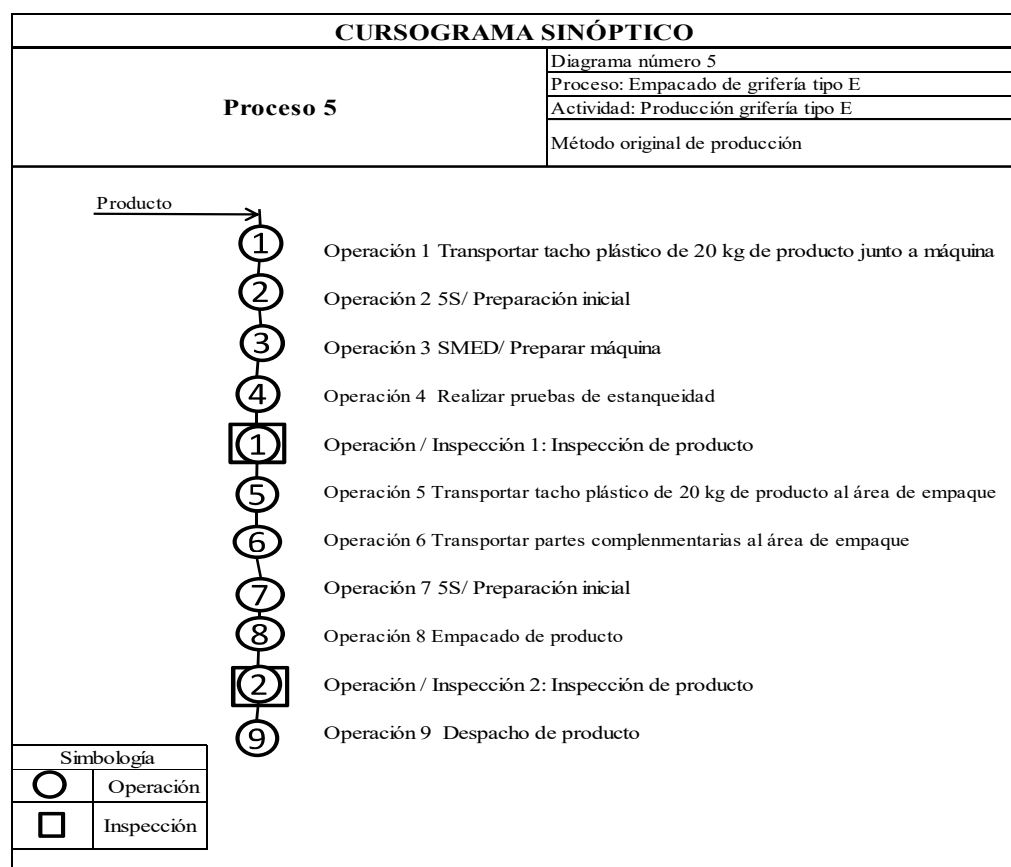


Figura 3.23. Cursograma sinóptico del proceso de empaque después de implementar mejoras

Adicionalmente se identificaron 3 actividades de preparación el tiempo es de 25,02 min, es decir, que esta actividad consume un 3,21 % del tiempo total del proceso, además, se identificaron 5 operaciones internas (maquina parada) el tiempo es 25,25 min, es decir, que esta actividad consume un 3,24 % del tiempo total del proceso y 9 operaciones externas (maquina marcha) el tiempo es

753,29 min, es decir, que esta actividad consume un 96,76 % del tiempo total del proceso.

CURSOGRAMA ANALÍTICO					MATERIAL																			
Proceso 5		Diagrama número: 5		ACTIVIDAD	RESUMEN																			
					Actual		Propuesta		Economía															
Proceso: Empacar grifería tipo E					Operación	O	6																	
Actividad: Producción grifería tipo E					Transporte	⇒	6																	
Método actual de producción					Espera	D	0																	
Realizado por Ing Darwin Pachacama					Inspección	□	2																	
Lugar: Área de mecanizado transfer					Almacenamiento	▽	0																	
Observaciones generales: tiempos promedios del muestro, se procesan 2 500 unidades de producto					Tiempo (minutos)	778,54																		
					Distancia (metros)	156,00																		
No.	DESCRIPCIÓN	Cantidad (# unidades)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Agrega valor			No agrega valor			Tipo de operación		Máquina	Observaciones					
					O	⇒	D	□	▽	VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna			Externa				
1	Transportar tacho plástico de 20 kg de producto a máquina	2 500	14	0,25	●														1	1	Parada	Patín hidráulico		
2	Transportar dispositivos para prueba de estanqueidad		10	0,23	●															1	1	Parada		
3	Ensamblar dispositivos en máquina			5,27	●							1									1	Parada		
4	Calibrar máquina			9,45	●							1									1	Parada		
5	Realizar pruebas estanqueidad			332,67	●					1											1	Marcha		
6	Inspección de producto			10,55	●									1							1	Marcha		
7	Transportar tacho plástico de 20 kg de producto a área de empaque		32	4,88	●																1	Marcha	Patín hidráulico	
8	Preparar partes complementarias			6,31	●						1										1	Marcha		
9	Transportar partes complementarias al área de empaque		30	1,08	●																1	Marcha	Patín hidráulico	
10	Preparar material de empaque			10,30	●						1										1	Marcha		
11	Transportar material de empaque		45	8,60	●																1	Marcha		
12	Empacar producto			373,03	●					1											1	Marcha		
13	Inspección de producto		15	5,86	●									1							1	Marcha		
14	Transporte de producto a bodega	2 430	10	10,05	●																1	1	Parada	Patín hidráulico
Total		2 430	156	778,54						2	1	3	2	0	5	1	5	9						

Figura 3.24. Cursograma analítico del proceso de empaque después de implementar mejoras

En la Tabla 3.29 se realizó un análisis del índice de valor añadido del proceso de empaque después de implementar *Lean Manufacturing*, en el cual se identificaron 6 actividades con valor añadido el tiempo es de 737,03 min, es decir, que esta actividad consume un 94,67 % del tiempo total del proceso, de igual manera, se

identificaron 8 actividades sin valor añadido el tiempo es de 41,51 min, es decir, que esta actividad consume un 5,33 % del tiempo total del proceso.

Tabla 3.29. Índice de valor añadido proceso de empaque después de implementar mejoras

Índice de valor añadido										
Composición de actividades	Total	Agregan valor			No agregan valor				Tipo de operación	
		VAC	VAE	P	I	E	T	A	Interna	Externa
Número de actividades	14	2	1	3	2	0	5	1	5	9
Tiempo de actividades (min)	778,54	705,69	6,31	25,02	16,42	0,00	15,04	10,05	25,25	753,29
Actividades (%)	100%	90,64%	0,81%	3,21%	2,11%	0,00%	1,93%	1,29%	3,24%	96,76%
Actividades con valor añadido (min)	737,03									
Índice de valor añadido (%)	94,67%									
Actividades sin valor añadido (min)	41,51									
Índice sin valor añadido (%)	5,33%									

La estimación de tolerancias y suplementos después de implementar *Lean Manufacturing* se determinó mediante la Tabla 2.2 para cada ciclo de acuerdo al proceso, de esta manera con colaboración de tres personas que se involucraron en cada proceso de forma directa (Jefe de producción, Jefe de mantenimiento y el operario) se estimaron las tolerancias de cada proceso, se consideró para la calificación la carga de trabajo se otorgó un puntaje alto en los ítems de fatiga, esfuerzo para levantar peso, ruido, esfuerzo mental y monotonía como se indican en la Tabla 3.30 hasta la Tabla 3.34

Tabla 3.30. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de estampado después de implementar mejoras

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Producción	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Estampado
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	2
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	0
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5	5	5	5
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13			
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	10
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2			
c) Intermitente-muy fuerte	5	5	5	5
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a) Proceso moderadamente complicado	1	1	1	1
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	31	33	35
	Tolerancia media	33,00		

Tabla 3.31. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de corte en prensa después de implementar mejoras

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Corte
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	2
B. Tolerancias Variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5	5	5	5
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13			
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	8
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0	0	0
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2			
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	2
c) Intermitente-muy fuerte	5			
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	1
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	28	28	30
	Tolerancia media	28,67		

Tabla 3.32. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de granallado después de implementar mejoras

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Granallado
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	2
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2			
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5	5	5	5
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13			
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	8
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0		
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		2	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	
c) Intermitente-muy fuerte	5			5
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	1
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	28	30	35
	Tolerancia media	31,00		

Tabla 3.33. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de mecanizado después de implementar mejoras

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Mecanizado
A. Tolerancias constantes :				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	2
B. Tolerancias variables :				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2	2	2	
d) 10/20	3			3
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5			
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13			
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	2
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	7
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0			
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2	2	2	
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			5
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	2
c) Intermitente-muy fuerte	5			
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			4
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	27	27	35
	Tolerancia media	29,67		

Tabla 3.34. Estimación de tolerancias y suplementos para el proceso de empaque después de implementar mejoras

Tolerancias	Añadir %	Eval sup . Produccion	Eval sup . Mantenimiento	Eval oper. Empaque
A. Tolerancias constantes:				
1) Tolerancia por necesidades personales	5	5	5	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4	2	2	2
B. Tolerancias variables:				
1) Tolerancia por ejecutar trabajo de pie	2	2	2	2
2) Tolerancia por posiciones anormales de trabajo:				
a) Ligeramente molesta	0			
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2	2	0	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7			
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar) determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):				
a) 2,5 kg/5 lb	0			
b) 5/10	1			
c) 7,5/15	2	2	2	2
d) 10/20	3			
e) 12,5/25	4			
f) 15/30	5			
g) 17,5/35	7			
h) 20/40	9			
i) 22,5/45	11			
j) 25/50	13			
k) 30/60	17			
l) 35/70	22			
4) Alumbrado deficiente:				
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0			
b) Muy inferior	2	2	2	0
c) Sumamente inadecuado	5			
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10	6	8	3
6) Atención estricta :				
a) Trabajo moderado fino	0	0	0	0
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2			
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5			
7) Nivel de ruido:				
a) Continuo	0			
b) Intermitente-fuerte	2	2	2	2
c) Intermitente-muy fuerte	5			
d) De alto volumen-fuerte	5			
8) Esfuerzo mental :				
a)Proceso moderadamente complicado	1	1	1	1
b) Complicado o que requiere amplia atención	4			
c) Muy complicado	8			
9) Monotonía				
a) Escasa	0			
b) Moderada	1	1	1	1
c) Excesiva	4			
	Puntaje	25	25	20
	Tolerancia media	23,33		

Los resultados del estudio de medición de tiempos se aprecian en la Tabla 3.35, en la cual se puede ver que el proceso con mayor tiempo estándar es el proceso de empaque con 781,12 minutos y el de menor tiempo estándar es el proceso de granallado con 339,26 minutos

Tabla 3.35. Tiempos ciclo, básico y estándar de cada proceso después de implementar mejoras

Proceso	Tiempo de ciclo (min)	Tiempo básico (min)	Suplementos (%)	Tiempo estándar (min)
Estampado	953,60	953,60	33,00	1 268,28
Corte en prensa	536,86	536,86	28,68	690,83
Granallado	339,26	339,26	31,00	444,43
Mecanizado	653,71	653,71	29,67	847,67
Empaque	781,12	781,12	23,33	963,36

Se determinó el takt time de cada proceso al aplicar la Ecuación 1.5, además, se determinó el número de ciclos semana que requiere cada proceso, que se representa en la Tabla 3.36 el proceso con mayor carga de trabajo fue el área de mecanizado con 11 ciclos por semana y su takt time es 0,38 minuto/unidad

Tabla 3.36. Takt time de los procesos después de implementar mejoras

Proceso	Ciclos / semana	Tiempo	Producción		Takt time
		Ciclo (min)	Ciclo (unidades)	Total (unidades)	min/unidad
Estampado	5	953,60	4 500,00	21 707,21	0,21
Corte en prensa	4	536,86	4 000,00	17 136,71	0,13
Granallado	7	339,26	8 000,00	54 235,2	0,04
Mecanizado	11	653,71	1 700,00	17 943,66	0,38
Empaque	6	781,12	2 500,00	14 722,45	0,31

Se determinó la productividad de cada proceso del área de mecanizado transfer al aplicar la Ecuación 1.1, se consideró los siguientes datos de costos que se aprecian a detalle en el Anexo VIII:

Tabla 3.37. Productividad de los procesos después de implementar mejoras

Proceso	Producción ciclo (unidades)	Costo Mp (\$)	Costo Mo (\$)	Costo Ep (\$)	Productividad (unidades/ \$)
Estampado	4500	22783,50	327,65	23,12	0,195
Corte en prensa	4000	20252,00	67,05	4,53	0,197
Granallado	8978	9827,20	26,78	0,67	0,911
Mecanizado	1700	2116,50	142,88	12,61	0,748
Empaque	2000	996,00	165,49	1,94	1,719

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de estampado se obtuvo con la información de la Figura 3.16, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.38. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.6 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.38. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de estampado después de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Descargar materia prima	45,56	721,55	953,60	75,67
Sacar muestras de materia prima	7,60			
Cortar muestras de materia prima	50,24			
Pulir superficie de cada muestra cortada	13,89			
Aceptar o rechazar materia prima	10,35			
Analizar muestras de premoldeo	4,50			
Estampado de producto	428,43			
Preparación	160,99			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de corte en prensa se obtuvo con la información de la Figura 3.18, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.39. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.7 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.39. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de corte en prensa después de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Colocar contenedor en estructura para descarga del producto	2,47	482,22	536,86	89,82
Corte de producto	433,83			
Preparación	45,92			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de granallado se obtuvo con la información de la Figura 3.20, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.40. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.8 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.40. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de granallado después de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Colocar contenedor en tolva de descarga	2,86	309,25	339,26	91,15
Cargar producto a máquina	2,85			
Granallar producto	15,69			
Descargar producto de máquina	4,78			
Clasificar producto bueno	283,07			
Preparación	4,48			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de mecanizado se obtuvo con la información de la Figura 3.22, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.41. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.9 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas.

Tabla 3.41. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de mecanizado después de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Ensamblar 3 mordazas faltantes	1,46	634,92	653,71	97,12
Calibrar 3 mordazas faltantes	14,99			
Mecanizar muestras de producto	0,10			
Corte de muestra de producto	10,93			
Trasladar a máquina coche de lavado de producto	1,08			
Mecanizar producto	418,03			
Preparación	188,34			

La eficiencia del ciclo del proceso (ECP) de empaque se obtuvo con la información de la Figura 3.24, el valor obtenido se aprecia en la Tabla 3.42. El ECP actual es mayor al 25 % lo que indica que es un proceso esbelto, adicionalmente en la Tabla AVI.10 indican las actividades que no generan corriente de valor al producto y que fueron eliminadas y otras mejoradas

Tabla 3.42. Valor de eficiencia del ciclo del proceso de empaque después de implementar mejoras

Descripción		Tiempo de ciclo valor añadido (min)	Tiempo total del ciclo (min)	ECP
Realizar pruebas de estanqueidad	332,67	737,03	781,12	94,36
Preparar partes complementarias	6,31			
Empacar producto	373,03			
Preparación	25,02			

3.5.7. Mapeo de la cadena de valor futuro

De acuerdo al estudio realizado en las secciones anteriores se identificó la cadena de valor actual que se observa en la Figura 3.25, asimismo, se determinó el indicador OEE (*Overall Equipment Efficiency*) después de las mejoras que se

representa en la Tabla 3.43, en el cual se aprecia que todos los procesos superan el 80 %, además su cálculo se aprecia en el Anexo AVIII.

Tabla 3.43. Indicador OEE de cada proceso después de implementar mejoras

Proceso	OEE final (%)	Calificación
Estampado	86%	Aceptable
Corte en prensa	78%	Aceptable
Granallado	78%	Aceptable
Mecanizado	79%	Aceptable
Empaque	75%	Aceptable

En la evaluación de los datos obtenidos antes y después de implementación de la metodología *Lean Manufacturing* en el área de mecanizado transfer. En la Tabla 3.44 se muestran los tiempos de ciclo de cada proceso, se observa que los mismos se reducen después de la implementación de las técnicas *Lean Manufacturing*, en el proceso de estampado se redujo el 41,67 %, en el proceso de corte en prensa se redujo el 44,51 %, en el proceso de granallado se redujo el 39,18 %, en el proceso de mecanizado se redujo el 44,02 %, en el proceso de empaque se redujo el 28,77 %.

Tabla 3.44. Comparación de los tiempos de ciclo del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de *Lean Manufacturing*.

Proceso	Tiempo de ciclo (min)		Reducción del tiempo de ciclo	
	Tiempo de ciclo inicial (min)	Tiempo de ciclo final (min)	(min)	(%)
Estampado	1 634,74	953,60	672,36	41,67
Corte en prensa	967,42	536,86	430,56	44,51
Granallado	557,86	339,26	218,60	39,18
Mecanizado	1 167,77	653,71	514,06	44,02
Empaque	1 096,65	781,12	315,53	28,77

En la Tabla 3.45 se aprecia que la productividad se incrementó en cada proceso después de la implementación de las técnicas *Lean Manufacturing*, en el proceso de estampado se incrementó la productividad en 1,05 %, en el proceso de corte en prensa se incrementó la productividad en 0,27 %, en el proceso de granallado se incrementó la productividad en 0,18 %, en el proceso de mecanizado incrementó la productividad 5,27 %, en el proceso de empaque incrementó la productividad en 5,79 %

Tabla 3.45. Comparación de la productividad del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de *Lean Manufacturing*

Mejora alcanzada			
Proceso	Productividad inicial	Productividad final	Δ Productividad (%)
Estampado	0,193	0,195	1,05%
Corte en prensa	0,196	0,197	0,27%
Granallado	0,909	0,911	0,18%
Mecanizado	0,711	0,748	5,27%
Empaque	1,625	1,719	5,79%

En la Tabla 3.46 se observa el indicador OEE en cada proceso después de la implementación las técnicas *Lean Manufacturing*, en el proceso de estampado se incrementó el OEE en 5 %, en el proceso de corte en prensa se incrementó el OEE en 10 %, en el proceso de granallado se incrementó el OEE en 11 %, en el proceso de mecanizado se incrementó el OEE en 10 %, en el proceso de empaque se incrementó el OEE en 7 %

Tabla 3.46. Comparación del indicador OEE del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de *Lean Manufacturing*

Proceso	OEE inicial (%)	OEE final (%)	OEE mejora (%)
Estampado	81%	86%	5%
Corte en prensa	68%	78%	10%
Granallado	67%	78%	11%
Mecanizado	69%	79%	10%
Empaque	68%	75%	7%

En la Tabla 3.47 se observa la eficiencia del ciclo en cada proceso después de la implementación las técnicas *Lean Manufacturing*, en el proceso de estampado se incrementó el ECP en 4,67 %, en el proceso de corte en prensa se incrementó el ECP en 11,00 %, en el proceso de granallado se redujo en 1,40 %, en el proceso de mecanizado se incrementó el ECP en 18,27 %, en el proceso de empaque se incrementó el ECP en 4,14 %

Tabla 3.47. Comparación de la eficiencia del ciclo del área de mecanizado transfer antes y después de la implementación de *Lean Manufacturing*.

Proceso	ECP (%)		Incremento (%)
	Inicial	Final	
Estampado	71,00	75,67	4,67
Corte en prensa	78,82	89,82	11,00
Granallado	89,75	91,15	1,40
Mecanizado	78,85	97,12	18,27
Empaque	90,22	94,36	4,14

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En el diagnóstico inicial se obtiene valores del indicador OEE (Eficiencia Global de los Equipos), el cual se determinó de cada proceso: estampado 81 %, corte en prensa 68 %, granallado 67 %, mecanizado 69 %, empaque 68 %, en el cual se observa que el proceso de estampado es el único aceptable, asimismo, se determinó la productividad inicial de cada proceso: proceso de estampado 0,193 %, proceso de corte en prensa 0,196 %, proceso granallado 0,909 %, proceso de mecanizado 0,711 %, proceso de empaque 1,625 %
- Se determinó que la preparación, falla mecánica, daño herramental y falla eléctrica son las causas principales de parada no programadas en los equipos, que se aprecia en el diagrama Pareto.
- Se implementó técnicas Lean como: 5S, SMED, TPM, VSM, con las cuales los tiempos de ciclo se reducen en cada proceso, en el proceso de estampado se redujo el 41,67 %; en el proceso de corte en prensa se redujo el 44,51 %; en el proceso de granallado se redujo el 39,18 %; en el proceso de mecanizado se redujo el 44,02 %; en el proceso de empaque se redujo el 28,77 %
- La productividad se incrementó en la sección de mecanizado transfer en cada proceso, después de la implementación de las técnicas Lean. En el proceso de estampado se incrementó la productividad en 1,05 %; en el proceso de corte en prensa se incrementó la productividad en 0,27 %; en el proceso de granallado se incrementó la productividad en 0,18 %; en el

proceso de mecanizado incrementó la productividad en 5,27 %; en el proceso de empaque incrementó la productividad en 5,79 %

- La eficiencia del ciclo en cada proceso se incrementó después de la implementación de las técnicas *Lean*, en el proceso de estampado se incrementó en 4,86 %; en el proceso de corte en prensa en 11,17 %; en el proceso de granallado se redujo en 5,48 %; en el proceso de mecanizado se incrementó en 8,36 %; en el proceso de empaque se incrementó en 6,34 %
- El indicador OEE, en el proceso de estampado se incrementó en 5 %, en el proceso de corte en prensa se incrementó en 10 %, en el proceso de granallado se incrementó en 11 %, en el proceso de mecanizado se incrementó en 10 %, en el proceso de empaque se incrementó en 7 %.
- Al realizar los VSM se observó que con la implementación de las mejoras realizadas en cada uno de los procesos del área de mecanizado transfer se logró reducir los tiempos de entrega de 21,2 días a 6,7 días

4.2. RECOMENDACIONES

- Incluir en el presupuesto anual, la automatización del proceso de granallado, ya que en la actualidad la selección de producto se realiza de forma manual.
- Incluir dentro de las reuniones mensuales con gerencia el avance de los planes de mantenimiento preventivos ya que es importante para el correcto funcionamiento de los equipos, además de una planificación para la capacitación anual del personal nuevo y antiguo del equipo de mantenimiento respecto a daños eléctricos, de esta manera reducir el deterioro de las máquinas y generar un flujo continuo en cada proceso
- Continuar con los proyectos Kaizen de mejora continua, para que las ideas del personal operativos puedan ser escuchadas y brindar apoyo durante la ejecución de los proyectos.
- Evaluar las herramientas Lean implementadas de forma periódica, de esta manera evitar que la mejora continua dentro de la organización y se pierda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AENOR y Renault Consulting. (2012). *Lean Certificación. Certificación de sistema de gestión lean*. Espana: AENOR.
2. Andersen, B. (2007). *Business Process Improvement Toolbox* (2 da ed.). United States of America: MATT MEINHOLZ.
3. Baca-Urbina, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca-Cruz, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., y otros. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial* (2 da ed.). México: Editorial Patria.
4. Blanco, L. (2007). *La nueva guía lean de bolsillo (produccion lean)* (1 ra ed.). New York: MCS Media.
5. Cruelles, J. (2013a). *Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua* (1 ra ed.). México: Alfaomega.
6. Cruelles, J. (2013b). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación* (1 ra ed.). México: Alfaomega.
7. Cuatrecasas, L. (2010). *TPM en un entorno LEan Managment* (1 ra ed.). Barcelona: PROFIT.
8. Dounce, E. (2007). *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. (Decima, Ed.) México: Grupo Editorial Patria.
9. Escalante, A., & González, J. (2016). *Ingeniería Industrial: Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil* (1 ra ed.). México: Alfaomega.
10. Escalona, I. (2009). *Ingeniería de métodos y diseno del trabajo*. Madrid: El Cid Editor.
11. García, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimineto industrial; Principios fundamentales* (21 ava ed.). Colombia: Ediciones de la U.
12. García, R. (2005). *Estudio del Trabajo* (2 da ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
13. González, F. (2007). *Manufactura Esbelta: Lean Manufacturing, Principales Herramientas, Panorama Administrativo*.
14. Guaraca. "Mejora de de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de metodos y la medicion de trabajo, de la

- fabrica de fenos edgar S,A". (*Tesis Maestría*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
15. Hartmann, E. (2013). *Mantenimiento productivo total* (5 ta ed.). Mc Graw Hill.
 16. Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas* (8 va ed.). Madrid, Espana: Pearson Educación.
 17. Heizer, J., & Render, B. (2009). *Administración de operaciones* (7 ma ed.). México: Pearson Educación.
 18. Hernández, J., & Vizan, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e implementación* (1 ra ed.). Madrid: FUndación EOI.
 19. Hirano, H. (1996). *5 S para todos* (1 ra ed.). New York: Productivity press.
 20. INEN, NTE. (2012). *965 Grifería llaves terminología y clasificación* (1 ra ed.). Ecuador: INEN.
 21. Jones, Hines, T., & Nick, R. (1997). *Lean logistic* (27 ed.). Bradfort: Journal of physical distribution.
 22. Kanawaty G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4 ta ed.). Ginebra : OIT.
 23. Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4 ta ed.). Ginebra: OIT.
 24. Madariaga F. (2018). *Lean Manufacturing Fabricación de familia de productos mediante procesos discretos* (Primera ed.). Creative commons .
 25. Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y materiales* (3 ra ed.). México: Pearson.
 26. Noori, H., & Radford, R. (1997). *Administración de operaciones y producción* (1 ra ed.). Colombia: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
 27. Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad* (1 ra ed.). Madrid: Diaz de Santos.
 28. Rother, M., & Shook, J. (1999). *Observar para crear valor* (1 ra ed.). Lean Enterprice Institute.
 29. Shingo, S. (1993). *Una revolución en la producción: El sistema SMED* (3 ra ed.). Madrid.
 30. Socconini, L. (2016). *Lean Six Sigma Yelow Belt* (2 da ed.). Mexico: ALFAOMEGA.

31. Suñe, A. (2004). *Diseño de sistemas productivos* (1 ra ed.). Madrid: Diaz de santos.
32. Team, T. p. (1996). *Quick Changeover for operators: The Smed System* (1 ra ed.). United States of America: Shopfloor series.
33. Velasco, J. (2014). *Organización de la producción* (3 ra ed.). Madrid: Pirámide.
34. Viegener, F. (2016). *Historia - FV Ecuador*. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de <https://www.fvandina.com/fvecuador/empresa/historia.html>
35. Vistazo. (2018). Rankin mayores empresas del Ecuador. *Vistazo*, 140-154.
36. Zandin, K. (2005). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial* (1 ra ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.