

UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA DEL
PROCESO SETUP EN EL AREA DE
MANUFACTURA CITIZEN DE LA
EMPRESA TEGRA MEDICAL COSTA
RICA UBICADA EN HEREDIA,
DURANTE EL PRIMER CUARTO DEL
AÑO 2020.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN
INGENIERIA INDUSTRIAL.

LUIS ALONSO FLORES CASTILLO

TUTOR: MS. ESTEBAN BEITA

HEREDIA, JULIO 2020

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Luis Alonso Flores Castillo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 8-0137-0574 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado:

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO SETUP EN EL AREA DE MANUFACTURA CITIZEN DE LA EMPRESA TEGRA MEDICAL COSTA RICA UBICADA EN HEREDIA, DURANTE EL PRIMER CUARTO DEL AÑO 2020,

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los veintisiete días del mes de Julio del año dos mil veinte.

Luis Alonso
Flores Castillo

Digitally signed by Luis Alonso Flores
Castillo
DN: cn=Luis Alonso Flores Castillo, o,
ou=Universidad Hispanoamericana,
c=CR
Date: 2020.07.27 09:29:17 -0500

Firma del estudiante

Cédula: 8-0137-0574

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 27 de julio de 2020

Dirección de Carrera
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Luis Alonso Flores Castillo**, cédula de identidad número **160400283625**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO SETUP EN EL AREA DE MANUFACTURA CITIZEN DE LA EMPRESA TEGRA MEDICAL COSTA RICA UBICADA EN HEREDIA, DURANTE EL PRIMER CUARTO DEL AÑO 2020."**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	17%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19%
	TOTAL		93%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,
ANTHONY ESTEBAN
BEITA NAVARRO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ANTHONY ESTEBAN BEITA
NAVARRO (FIRMA)
Fecha: 2020.07.27 20:42:07 -06'00'

Ing. Esteban Beita Navarro MBA
Cédula identidad 1-1069-0046
Carné Colegio Profesional IPI-27501

CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR

CARTA DEL LECTOR

Puntarenas, 15 de setiembre de 2020

Señores:
Carrera Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Alonso Flores Castillo, cédula de identidad número 801370574, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO SETUP EN EL AREA DE MANUFACTURA CITIZEN DE LA EMPRESA TEGRA MEDICAL COSTA RICA UBICADA EN HEREDIA, DURANTE EL PRIMER CUARTO DEL AÑO 2020, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato

En mi calidad de Lector, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de lectura, por lo que se avala el traslado al siguiente paso.

Atentamente,

JONATHAN PEREZ
LARGAESPADA (FIRMA)
Firmado digitalmente por
JONATHAN PEREZ LARGAESPADA
(FIRMA)
Fecha: 2020.09.15 16:03:31 -06'00'
Nombre Jonathan Pérez Largaespada
Cédula identidad: 205820315
Carné Colegio Profesional: NA 2871

DEDICATORIA

A mi madre: Janinna Castillo.

A mi hermana: Miley Castillo.

A todos mis amigos, familiares y personas que de una u otra forma estuvieron presentes a lo largo de este viaje universitario.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA.....	ii
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xi
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	xii
RESUMEN.....	1
CAPITULO I.....	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Descripción general del Proyecto.....	3
1.2. Identificación de la empresa o institución.....	5
Descripción general de la empresa	6
Organigrama organizacional	7
Antecedentes.....	8
Visión.....	9
Misión	9
Valores	10
Política de Calidad	10
1.3 Planteamiento del Problema.....	10
1.3.1. La idea del problema	10
1.3.2. Definición del problema.....	11
1.3.3. Problema.....	11
1.4 Justificación.....	11
1.5 Objetivos del Proyecto.....	12
1.5.1. Objetivo General.....	12
1.5.2. Objetivos Específicos	12
1.6 Alcances y Limitaciones.....	12
1.6.1 Alcances	12

1.6.2. Limitaciones	13
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO	14
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	15
2.1.1 SMED (Single Minute Exchange of Die).....	15
2.1.1.1. Composición de la metodología	16
Etapa Preliminar	17
Etapa 1: Separación de fases de trabajo en Internas y Externas.....	17
Etapa 2: Conversión de operaciones internas en externas.....	18
Etapa 3: Reducción de los tiempos de preparación interno y externo mediante mejoras de método.....	18
2.1.1.2 Historia SMED.....	19
2.1.2. Kaizen.....	19
2.1.3. Estudio de Procesos	22
2.1.3.1. Herramientas para el análisis de procesos.....	22
2.1.3.1.1. Diagrama de operaciones y procesos (DOP).....	22
2.2. Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	24
2.2.1. Metodología DMAIC – Seis Sigma	24
2.2.1.1. Definir.....	25
Diagrama de Gantt	25
Diagrama de Pareto	26
Diagrama Causa y Efecto – Ishikawa.....	28
Plan estratégico de implementación.....	30
Indicadores de producción.....	31
2.3. Marco conceptual referente al impacto de un proyecto	32
2.3.1. Presupuesto.....	32
2.3.2. Valor actual neto (VAN) cambiarlo por VAN y TIR tesis 3.....	32
2.4. Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	33
Trabajos Previos.....	33
CAPITULO III	35
MARCO METODOLOGICO	35

3.1 Metodología para la definición del problema	36
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto	37
3.2.1. Estudio de tiempos	37
3.2.2. Hojas de verificación	37
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	38
3.4 Metodología para la implementación del proyecto	39
CAPITULO IV	41
LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA	41
4.1 Diagnostico de la situación actual	42
4.2 Área de producción Citizen	42
4.3 Proceso de Setup	45
4.3.1. Equipos y herramientas necesarias para el proceso Setup	45
4.3.2. Flujo de Proceso	47
4.4. Diagrama de Ishikawa para determinar las posibles causas raíz de un proceso de setup con tiempo variable indefinido.	52
4.5. Diagrama de Pareto para evaluación de las causas raíz.	59
4.6 Resultados del diagnostico	59
CAPITULO V	61
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	61
5.1. PROPUESTAS DE MEJORA	62
5.1.1. Propuesta de mejora iniciales	62
5.2. Capacitación al personal sobre KAIZEN, SMED y objetivos de la empresa	65
5.3 Propuesta para el uso, localización y almacenamiento de las herramientas en general durante el proceso de setup	67
5.3.1. Escenario actual	67
5.3.2. Herramientas a utilizar	67
5.3.3. Estrategia de control de las herramientas	68
5.3.3.1. Herramientas de ajuste y herramientas de maquina	68
5.4. Propuesta para el método de Setup con la metodología SMED	72
5.4.1. Escenario actual	72

5.4.2. Uso de la técnica SMED.....	73
5.4.2.1. Primera Etapa: Separación de las actividades en Internas y Externas.....	73
5.4.2.2. Segunda Etapa: Conversión de actividades Internas en Externas.....	76
5.4.2.3. Tercera etapa: Reducción de tiempos de setup interno y externo con mejoras de método.....	83
5.5. Propuesta de herramienta para la verificación y seguimiento del setup y run up.....	87
5.5.1. Herramienta a utilizar.....	87
5.5.1.1 Hoja de verificación para Setup Interno.....	88
5.5.1.2. Hoja de verificación para Setup Externo.....	91
5.6. Aplicación de las Propuestas para pruebas piloto.....	92
5.6.1. Análisis de las pruebas piloto.....	94
<u>Tiempos</u>	94
<u>Comparación actual vs resultado de prueba piloto de la propuesta</u>	96
5.7. Evaluación del impacto económico de la propuesta.....	97
5.7.1. Costo de personal.....	97
5.7.2. Costos de implementación.....	98
5.7.3. Ahorro generado por la implementación.....	100
5.7.4. Flujo de caja.....	102
CAPITULO VI.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
6.1. Conclusiones.....	104
6.2. Recomendaciones.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	107
ANEXOS.....	109
.....	109
.....	110
.....	111

INDICE DE FIGURAS

N° de Figura	Descripción	Página
Figura 01	Organigrama organizacional de Tegra Medical.	07
Figura 02	Tegra Medical Costa Rica edificio 1.	09
Figura 03	Gráfica de trabajo de SMED.	16
Figura 04	Diagrama DMAIC	24
Figura 05	Ejemplo diagrama de Gantt.	25
Figura 06	Ejemplo diagrama de Pareto.	27
Figura 07	Ejemplo diagrama causa y efecto.	28
Figura 08	Formula de índice de productividad.	31
Figura 09	Formula de índice de productividad aplicada a tiempos.	31
Figura 10	Formula de índice de productividad mensual aplicada a tiempos.	31
Figura 11	Fórmula matemática del VAN y sus variables.	33
Figura 12	Fórmula matemática del TIR y sus variables.	33
Figura 13	Layout ubicación del área Citizen	44
Figura 14	Diagrama de Pareto.	59
Figura 15	Comparación de los porcentajes de productividad del método actual contra el método propuesto.	97

INDICE DE TABLAS

N° de Tabla	Descripción	Página
Tabla 01	Simbología DOP	23
Tabla 02	Tornos suizos instalados en el área de Citizen.	43
Tabla 03	Herramientas de ajuste y herramientas de máquina.	45
Tabla 04	Fotos de herramientas en general	46
Tabla 05	Diagrama de flujo de proceso vs. Tiempo promedio por operación.	47
Tabla 06	Recesos establecidos por la empresa.	51
Tabla 07	Costo total del setup actual.	51
Tabla 08	Desarrollo de las causas raíz.	53
Tabla 09	Evaluación de las causas raíz.	57
Tabla 10	Lista de herramientas de Lean Manufacturing	62
Tabla 11	Matriz Causas críticas vs. Herramientas disponibles	64
Tabla 12	Cronograma de capacitación a mecánicos de precisión.	66
Tabla 13	Familias de herramientas y cantidad de herramientas	68
Tabla 14	Carrito de Setup.	69-70
Tabla 15	Evaluación de tiempos por paradas por búsqueda de herramientas.	71
Tabla 16	Clasificación de las actividades del setup.	73
Tabla 17	Tabla de conversión de actividades Internas en Externas.	77
Tabla 18	Tabla de setup externo	80
Tabla 19	Tabla de setup interno.	81
Tabla 20	Actualización del flujo de setup interno.	83
Tabla 21	Comparación de situación actual vs propuesta.	86
Tabla 22	Cálculo de ahorro teórico mensual y anual.	87
Tabla 23	Hoja de verificación Setup Interno	89
Tabla 24	Hoja de verificación para setup externo.	91
Tabla 25	Cronograma de pruebas piloto.	93
Tabla 26	Resultado de tiempos.	94
Tabla 27	Comparación de situación actual vs resultado de prueba piloto de la propuesta.	96
Tabla 28	Costo de horas hombre.	98
Tabla 29	Detalle de costos de implementación anual.	99
Tabla 30	Resumen del tiempo de setup	100
Tabla 31	Cálculo de horas de setup anual.	101
Tabla 32	Cálculo del ahorro con la metodología propuesta.	101
Tabla 33	Flujo de caja y cálculo del VAN y TIR.	102

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Acrónimo o Sigla	Descripción
COK	Tasa de rendimiento esperado.
CNC	Control numérico computarizado.
CR	Costa Rica
CTQ	Critical to Quality (Crítico para calidad).
DNP	Desarrollo de nuevos proyectos.
DOP	Diagrama de operaciones.
FDA	Food and Drugs Administration.
KAIZEN	Mejora Continua.
JIT	Just in Time (Justo a tiempo)
OTD	On Time Delivery (Entregas a tiempo)
PN	Part Number (Número de parte).
RP	Reingeniería de procesos.
SMED	Single Minute Exchange of Die.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
TR	Teoría de restricciones.
TPM	Mantenimiento productivo total.
US	Estados Unidos
VAN	Valor Actual Neto.
VSM	Mapa de flujo de valor.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar al menos una propuesta de método de trabajo para la realización del proceso de setup basada en la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), con el objetivo principal de reducir los tiempos del setup del área de manufactura Citizen en la empresa Tegra Medical Costa Rica, buscando un aumento en la productividad del área y una disminución significativa cuantificable en los costos de operación de este proceso.

Los principales problemas encontrados durante el análisis y diagnóstico fueron que no existe un control de herramientas, falta de capacitación a los colaboradores y el desorden en la ejecución de un setup por falta de un método de trabajo estandarizado.

A partir de las problemáticas identificadas, se generaron y analizaron propuestas de mejora obteniendo como resultado que, con la implementación de las propuestas, se aumenta la productividad del proceso de setup en un %188.68 además, se reduce el tiempo de setup en un %47 y se eliminan las paradas por búsqueda de herramientas en su totalidad. Con la nueva metodología de trabajo planteada, se produce un ahorro mensual de 53.76 horas al mes, los cuales generan mayor tiempo disponible para ampliar la capacidad de producción del equipo. Por otro lado, con las propuestas aplicadas se generaría un ambiente de trabajo ordenado y organizado en donde se realice una gestión de producción más eficiente.

En la evaluación económica de las propuestas se obtuvo un VAN de ₡ 2,271,958.62 y un TIR de 32%, lo que indica que el proyecto es rentable y puede ser implementado.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general del Proyecto

A nivel mundial la fabricación de dispositivos médicos (componentes y dispositivos finales) ha aumentado abruptamente desde hace unos años a la actualidad. Sin embargo, con el crecimiento que ha tenido este mercado, la productividad y efectividad de los procesos manufactureros en las compañías de producción de dispositivos médicos, se ha visto afectada de tal forma que se han convertido en una necesidad para mejora continua. Por lo que, se ha determinado que un orden adecuado para desarrollar y ejecutar los procesos, el seguimiento de una metodología de trabajo y un control constante sobre los resultados obtenidos, permiten a la empresa mejorar su productividad sin que se necesite un esfuerzo extra o una sobrecarga de trabajo mayor

La presente tesina ha sido diseñada para realizar un estudio detallado e implementación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die); diseñada en los años cincuenta por el Ingeniero Japonés Shigeo Shingo, esta metodología revolucionaria nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampado, optimizando el tiempo de cambio de empleado en pasar de una matriz a otra; en el área de manufactura Citizen de la empresa Tegra Medical Costa Rica, específicamente en el proceso de setup (Alistamiento) de la manufactura de cada producto.

El área de manufactura Citizen, es un proceso en donde se trabaja con tornos suizos CNC de la marca Citizen, modelos A20, L20, B12 y K16. Los tornos suizos se manejan mediante programas especializados para cada número de parte (PN), además de herramientas, materia prima (barras o tubos) bajo diferentes combinaciones químicas, entre ellos 17-4PH, SS304, SS300, Nitinol, Titanio, entre otros.

Cada producto fabricado en esta área tiene diferentes dimensiones, usa diferentes herramientas, programas y materia prima, por lo que el alistamiento

e instalación de cada herramienta y/o componente que se requiere para el proceso de setup genera un tiempo de alistamiento no controlado en donde no se está produciendo producto, lo que ocasiona pérdida de productividad y retrasos en los envíos y/o ensambles finales.

En el capítulo uno se presentan las generalidades de este proyecto, objetivos generales, limitaciones, descripción del problema y situación actual de la empresa.

En el capítulo dos se presenta el marco teórico que será utilizado en el estudio de una empresa de contra manufactura de dispositivos médicos para mejorar el proceso de setup y a su vez incrementar la productividad.

En el capítulo tres se define la metodología a seguir durante la ejecución del presente estudio, implementación y método de verificación de efectividad.

En el capítulo cuatro se describe el diagnóstico inicial de la compañía, análisis de causas y evaluación de riesgos del presente trabajo y proceso de manufactura.

En el capítulo cinco se definen las propuestas de mejoras para los problemas identificados en los capítulos anteriores y descripción de la implementación de estas. Las propuestas se plantean utilizando las herramientas definidas en el marco teórico, posteriormente se muestra el análisis de las propuestas e implementación.

Finalmente, en el capítulo seis se muestran las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

1.2. Identificación de la empresa o institución

Tegra Medical es una empresa de manufactura de dispositivos médicos por contrato, dispositivos médicos finales, subcomponentes, ensambles, instrumentos, agujas e implantes. Actualmente Tegra Medical cuenta con cinco (5) facilidades:

- 1 facilidad en Franklin Massachussets, US (Casa matriz)
- 1 facilidad en Dartmouth Massachusetts, US
- 1 facilidad en Hernando Mississippi, US.
- 2 facilidades en Heredia, Costa Rica

Formada en dos mil siete (2007), Tegra Medical es una combinación de cuatro diferentes pilares de la industria manufacturera de dispositivos médicos. En dos mil diecisiete (2017) Tegra pasó a formar parte del grupo SFS.

En la actualidad, Tegra Medical Costa Rica cuenta con trece áreas de manufactura; divididas entre las dos facilidades con las que cuenta la compañía; entre ellas se encuentran:

- 1) Área de Citizen
- 2) Área de Laser (Laser)
- 3) Área de Limpieza de Partes (Cleaning)
- 4) Área de Calidad Final (Quality Assurance)
- 5) Área de Operaciones Secundarias (Secondary Operations)
- 6) Área de Empaque (Packaging)
- 7) Área de Cuarto Limpio - Dispositivos finales y Ensamblados (Clean Room)
- 8) Área de Rectificado (Grinding)
- 9) Área de Moldeo (Molding Room)
- 10) Área de Cortado Laser (Laser Cut)
- 11) Área de Remoción de rebabas con arena (Grit Blast)
- 12) Área de Erosionado (WEDM)

13) Área de Maquinado (Tool Room)

Descripción general de la empresa

Tegra Medical cuenta con más de 200 empleados, trabajando jornada continua veinticuatro (24) horas, 3 turnos de ocho (8) horas en producción, en donde los empleados se distribuyen entre los cinco (5) pilares de la empresa:

1. Calidad: Cuenta con los perfiles de Ingeniería de Calidad y Validaciones, Sustaining, Control de Calidad y Sistemas de Calidad.

2. Ingeniería: DNP, Mantenimiento, Sustaining e Investigaciones.

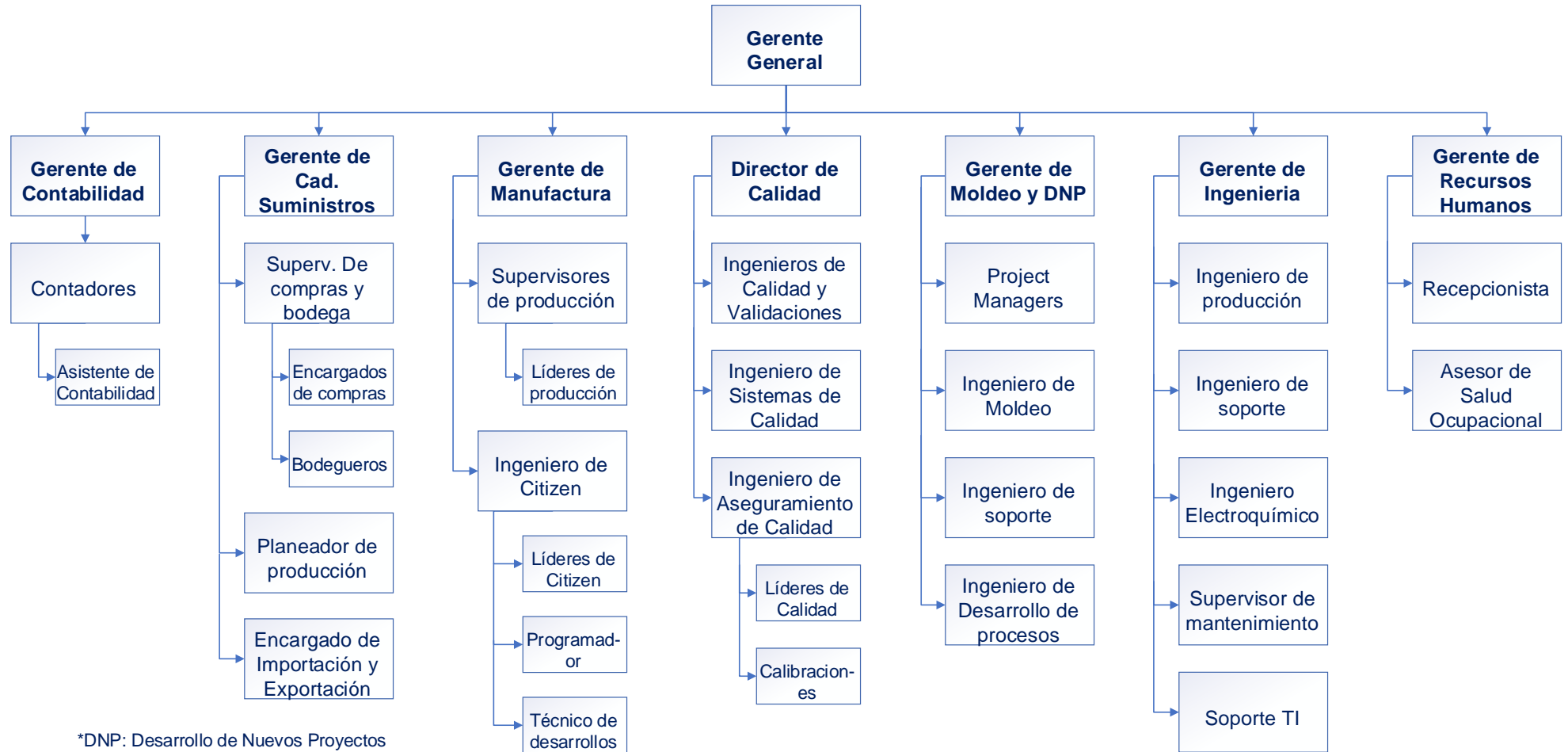
3. Producción: Manufactura

4. Supply Chain (Cadena de Suministros): Bodega, Compras, Planing y Recibo de Órdenes de Compra.

5. Contabilidad y Finanzas: Contaduría.

Organigrama organizacional

Figura 01. Organigrama organizacional de Tegra Medical.



Fuente: Tegra Medical Costa Rica. Edición propia.

Antecedentes

Tegra Medical está ubicada en la Zona Franca Global Park, localizada en el cantón Ulloa de la provincia de Heredia, inició bajo el nombre de Penn United Technologies, INC en el año 2007, siendo una pequeña empresa con capital extranjero, enfatizada en procesos de Mecánica de Precisión. Con el tiempo Tegra inicio a introducirse en el mercado de la manufactura contra contrato (Contract manufacturing) y a su vez en el mercado de la industria de dispositivos médicos. En el año 2012, Tegra Medical fue comprada por inversionistas Anónimos cambiando el nombre de Penn United a Tegra Medical, convirtiéndose oficialmente en una empresa de manufactura de dispositivos médicos (componentes). Con este cambio Tegra Costa Rica se convirtió en la cuarta planta de la marca Tegra Medical, siendo la primera planta fuera de Estados Unidos de América.

Perteneciendo a esta marca, Tegra Costa Rica fue creciendo considerablemente en cuanto a maquinaria, personal y productos; pasando de fabricación de repuestos para maquinaria a producciones masivas de componentes para ensambles de dispositivos médicos finales.

En el año 2017, la marca Tegra Medical fue adquirida por el corporativo SFS, siendo la única empresa en el mercado de manufactura de dispositivos médicos con la que cuenta esta corporación; ya que actualmente cuenta con empresas en la industria de telecomunicaciones, automotriz, construcción, electrónica, aérea, entre otras industrias.

El crecimiento considerable que ha tenido Tegra con el paso de los años también ha requerido de refuerzos internos en la parte de certificaciones de calidad. Hoy en día esta compañía cuenta con certificación en la norma de calidad ISO 13485 (Norma de dispositivos médicos) y certificación de la FDA (Food and Drugs Administration), así como muchos de sus colaboradores cuentan con certificaciones en Seis Sigma, SMED, Green Belt, Lean Manufacturing, Quality Training, Minitab, entre otras más certificaciones que son costeadas por esta compañía para asegurar que los colaboradores cuenten con las herramientas necesarias para seguir alineado con las demás empresas del mercado.

Figura 02. Tegra Medical Costa Rica edificio 1.



Fuente: Tegra Medical. (2020). Ilustración del edificio CR1 de Tegra Medical. [Figura]. Recuperado de www.tegramedical.com

Cabe mencionar que el lema de Tegra Medical es “*A passion for precision*” (Pasión por la precisión) la cual trata de inculcar en sus colaboradores los valores como la integridad, el trabajo en equipo y responsabilidad, ya que los pacientes y su bienestar dependen de estos procedimientos, por lo que todos los dispositivos y componentes fabricados deben funcionar óptimamente. Tegra Medical es reconocida a nivel internacional como una de las empresas líderes en contract manufacturing (Manufactura por contrato) por lo que esto realza el propósito de la empresa en seguir fabricando dispositivos médicos de primera calidad.

Visión

Ser la mejor empresa en desarrollo de dispositivos médicos innovadores.

Misión

Brindar un servicio de calidad en la fabricación y comercialización de dispositivos médicos con criterios de innovación y participación directa a los clientes.

Valores

- Integridad
- Trabajo en equipo
- Responsabilidad

Política de Calidad

Exceptional quality without exception (Calidad excepcional sin excepción)

1.3 Planteamiento del Problema

Los tiempos de producción, la precisión y calidad en una empresa manufacturera son primordiales para el desarrollo y crecimiento de esta, más aún en el mundo de la manufactura de dispositivos médicos en donde la precisión en los productos es lo más buscado en el mercado.

Por lo que una empresa sin control en esos tres factores fundamentales no podrá estar al nivel de la competencia del mercado y por ende las ventas y adquisición de nuevos productos bajarán. Para efectos de este proyecto de investigación, el enfoque estará dirigido a los tiempos de producción, específicamente en los tiempos del proceso de setup, el cual es el tiempo inicial y más crítico de una corrida de producción, si algo no se ejecuta de forma correcta durante el proceso de setup, el tiempo de ajustes aumentará, el tiempo y costo de producción aumentará y los retrasos en la entrega de producto aumentarán.

1.3.1. La idea del problema

El proceso de set up (alistamiento) es el proceso más crítico en una corrida de producción, ya que es donde se colocan los parámetros validados de un producto, herramientas que le aplican a la composición y manufactura de un producto, vidas útiles de las herramientas, programas, componentes de la máquina (Canales, Grips, Presiones, etc), entre otras características que son indispensables para lograr una corrida de producción eficiente y continua.

1.3.2. Definición del problema

El problema encontrado es la falta de control en los Setup's al inicio de las corridas de producción, en donde se está desperdiciando un alto porcentaje de materia prima, además de no haber estándares de horas de duración para cada número de parte, lo cual genera horas extras y por último la falta de indicadores para conocer los verdaderos porcentajes de eficiencia, tiempos y costos de los setup's.

1.3.3. Problema

¿La aplicación de la metodología SMED, reducirá el tiempo del proceso de Setup (alistamiento) en el área de manufactura Citizen de la empresa Tegra Medical Costa Rica?

1.4 Justificación

Debido a la alta demanda del proceso de manufactura Citizen, se ha llegado a la necesidad de implementar una nueva metodología de trabajo, de manera que se pueda optimizar el proceso reduciendo el tiempo del proceso inicial y más crítico de toda la producción, a través de la utilización de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die).

La adecuada aplicación de esta metodología permitirá reducir y optimizar el proceso antes mencionado segregando el proceso en Setup Interno y Externo, cambiando el formato de trabajo de modo que pueda generar ahorro considerable para la empresa e incrementando la eficiencia a través de la reducción de tiempos y tareas.

La implementación de este proyecto beneficia a la empresa Tegra Medical Costa Rica, especialmente al área de producción, pues se les proporciona herramientas para llevar a cabo y controlar el proceso de setup en el área de manufactura Citizen, con mayor grado de dificultad.

1.5 Objetivos del Proyecto

1.5.1. Objetivo General

Proponer al menos una mejora de proceso para reducir el tiempo de setup del proceso de producción Citizen a través de la aplicación de la metodología SMED en la empresa Tegra Medical Costa Rica durante el primer cuarto del 2020.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Realizar una recopilación de información de las actividades involucradas en el proceso de Setup con el fin de evaluar las actividades internas y externas del proceso en sí.
2. Aplicar las cuatro (4) etapas de la metodología SMED y determinar el tiempo óptimo de cada operación dentro del setup interno con el fin de estandarizar todos los pasos para lograr un setup óptimo y una reducción del tiempo final de al menos un 20%.
3. Crear e implementar una herramienta de chequeo con el fin de controlar la metodología aplicada.
4. Evaluar la propuesta de mejora planteada, para realizar una comparación de resultados obtenidos versus diagnóstico inicial.
5. Evaluar el impacto económico de la propuesta de mejora planteada para determinar si es viable o no.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

El alcance de una investigación establece el compromiso del investigador, ya que debe indicar los resultados que generara con su proyecto. Para Hernandez, Fernandez y Baptista (2010): “Cuando se habla sobre alcance de una investigación no se debe pensar en una tipología, ya que es más que una clasificación, lo único que indica dicho alcance es el resultado que se espera obtener del estudio” (p. 113).

Por lo que el proyecto en desarrollo pretende identificar y eliminar los posibles cuellos de botella que afectan el proceso de setup del proceso Citizen, en la empresa Tegra Medical, Costa Rica. En la actualidad no se cuenta con controles directos para este proceso los cuales son de vital importancia para mostrar mejores resultados en la productividad y reducir los costos de tiempos operario.

La información que despoje esta investigación se deja a consideración del Departamento de Producción y de la empresa, en general, con el propósito de que ponderen la utilidad de los resultados alcanzados.

1.6.2. Limitaciones

De acuerdo con el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (2006) de la Universidad Pedagógica de Venezuela, que las limitaciones son restricciones del diseño de la investigación y de los procedimientos utilizados para la recolección, procesamiento y análisis de los datos, así como también de las restricciones de los supuestos sobre las cuales se sustenta el estudio y de los obstáculos encontrados en la ejecución de la investigación. (p. 25).

La información de tiempos puede ser extraída de la base de datos de la empresa únicamente por el Gerente de Manufactura y/o algún designado, llámese Supervisor de Producción I, por lo que el acceso a los datos queda a disposición de la disponibilidad de uno de estos dos entes.

Cabe destacar que una parte de la documentación que contiene información de procedimientos se encuentra en el idioma inglés, por lo que se vuelve necesario considerar espacios de tiempos mayores para realizar la traducción de estos sin causar una posible alteración o mala interpretación del contenido.

Otras limitaciones que se puedan presentar en el desarrollo de este trabajo serán expuestas posteriormente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

De acuerdo con Reyes et al (2014), en el marco teórico conceptual se “Hace una extensa revisión de los conceptos de Estudio, se refiere a los temas y los aspectos relacionados con el objetivo de estudio, mismos que resultaran ser el apoyo conceptual del proceso de investigación que se busca desarrollar” (p. 39).

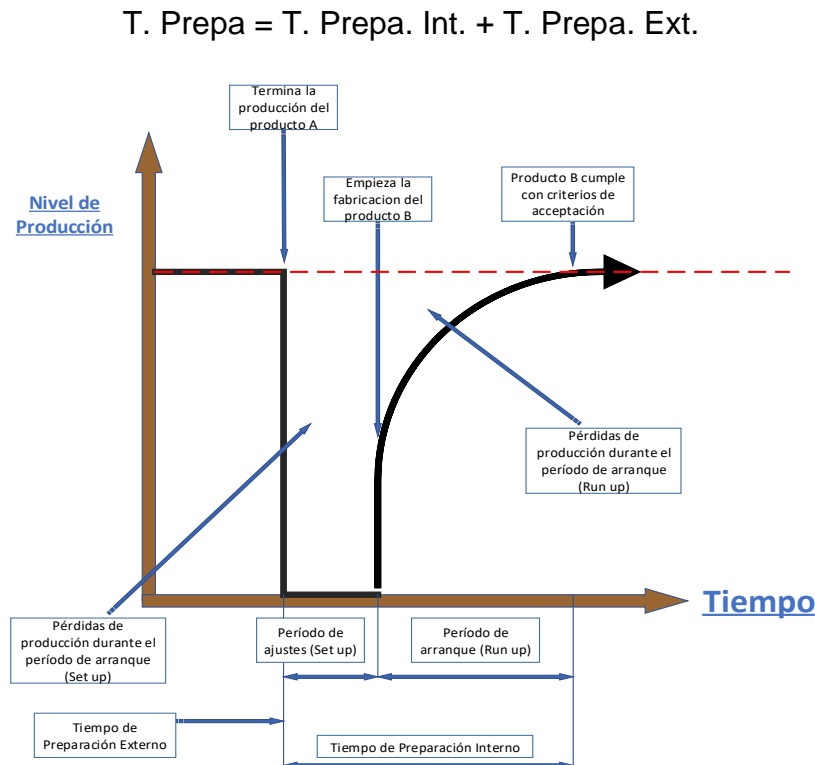
En la presente sección se desarrollarán las teorías y conceptos que se relacionan con el trabajo en el campo de la Ingeniería Industrial, en donde estos deben ser los suficientemente claros para el entendimiento del problema de investigación además de la adquisición de nuevos conocimientos.

2.1.1 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Según Cabrera (2014), Acrónimo de Single Minute Exchange of Die SMED (Cambio de troquel en menos de diez minutos) es una agrupación de técnicas creadas para mejorar ampliamente la eficiencia operativa en la desinstalación y montaje de maquinarias en menos de diez minutos; este rango de tiempo no siempre es alcanzado en todo tipo de configuración o preparación de las maquinarias, pero si se ve los ahorros de tiempo. Por lo tanto, esta técnica tiene un impacto substancial en la rápida disponibilidad, ocasionando que las operaciones se vuelvan más flexibles, con un incremento en la productividad y con una notable mejora en la competitividad. (p. 287-288).

Es importante recalcar que esta metodología (SMED) se basa en la reducción y/o eliminación de actividades que no añaden valor agregado al producto o servicio, comprendiendo como inicio del tiempo utilizado a partir del momento en se fabricó la última pieza o producto de la serie a cambiar, y va hasta el instante de la fabricación de la primera pieza de la nueva serie. Incluyendo actividades misceláneas como el traslado de materiales e insumos hasta actividades necesarias para el ajuste de la máquina. Dando como resultado la siguiente formula:

Figura 03. Gráfica de trabajo de SMED.



Fuente. Edición propia.

2.1.1.1. Composición de la metodología

Según Shingo (1985), la metodología SMED fue desarrollada para reducir y simplificar el tiempo de cambios durante el setup, también indica Shingo (1985) que el principio detrás una reducción de tiempo de setup es a través de la eliminación de tiempos innecesarios durante el cambio de herramientas; es por esto que el método de SMED consta de cuatro etapas para su desarrollo.

- Etapa Preliminar: Diagnostico y Análisis
- Etapa 1: Separación de fases de trabajo en Internas y Externas
- Etapa 2: Conversión de operaciones internas en externas.
- Etapa 3: Reducción de los tiempos de preparación Internos y Externos con mejoras de método.

Etapas Preliminares

En esta etapa es en donde se deben identificar todas las operaciones internas y externas dentro del proceso de set up (alistamiento/ajustes); entendiéndose como operaciones externas como operaciones que se pueden realizar mientras la producción en curso no ha concluido y operaciones internas, son todas aquellas operaciones que deben realizarse con la maquina detenida o en periodo de prueba; realizando un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Enlistar los tipos de set up para cada número de parte.
- Registrar los tiempos de set up.
 - Conocer la media y varianza.
 - Conocer las causas de la varianza y estudiarlas.
- Estudiar las condiciones actuales de set up
 - Juicio de expertos.
 - Análisis con cronometro.
 - Sacar fotografías y videos.

Etapas 1: Separación de fases de trabajo en Internas y Externas

“El paso más importante en la realización del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y externa.” (Shingo S. 1993)

La primera etapa de SMED por denominación y no por orden, separa las actividades que puedan ser realizadas cuando la maquina aún está en funcionamiento y las actividades que obligatoriamente deben realizarse con la maquina detenida, como por ejemplo la preparación de materiales y herramientas que no necesitan la maquina detenida, pero por alguna razón se está realizando de esta forma.

Según Shingo S. (1993), si hacemos un esfuerzo científico por tratar la mayor parte posible de la operación como preparación externa, el tiempo necesario para la preparación interna realizada mientras la maquina no funciona, se reducirá usualmente entre un 30% y 50%.

Etapas 2: Conversión de operaciones internas en externas

Luego de haber identificado las operaciones internas y externas, se procede al análisis respectivo para determinar aquellas posibles operaciones que se puedan realizar con la maquina trabajando. Para esto es importante tomar en cuenta algunas consideraciones:

- Reevaluar los pasos que se están siguiendo para determinar si por error, alguna operación externa aún se está considerando como interna.
- Eliminar los ajustes: Las operaciones de ajustes suelen representar entre el 50 y el 70% de tiempo del proceso de set up interno. Es importante reducir este tiempo ya que como se refleja en la figura anterior, impacta directamente al tiempo total de preparación.

Los ajustes normalmente se realizan durante el proceso de Run up (arranque), mientras más herramientas de corte lleve el número de parte, más largo puede ser el tiempo de ajuste ya que este concluye cuando la característica que construye la herramienta de corte alcance la especificación y criterio de calidad requerido. Por lo que, en resumen, se les llama ajuste a las no conformidades que a base de prueba y error van llegando a hacer que el producto entre en conformidad.

Etapas 3: Reducción de los tiempos de preparación interno y externo mediante mejoras de método

El objetivo de esta etapa es perfeccionar los aspectos de las operaciones dentro del set up, incluyendo todas y cada una de las operaciones y tareas elementales.

Algunas de las acciones encaminadas a la mejora de las operaciones internas más utilizadas por la metodología SMED son:

- Implementación de operaciones en paralelo:
Son aquellas operaciones que necesitan más de un operario para acelerar algunas tareas, reduciendo movimientos y ganando efectividad.
- Utilización de anclajes funcionales:
Los anclajes son mecanismos de sujeción que tienen la finalidad de mantener objetos fijos en su sitio, tales como pernos, tuercas, arandelas, bridas, etc.

2.1.1.2 Historia SMED

El sistema SMED nace como una necesidad fundamental de alcanzar una producción Justo a Tiempo (JIT). Se utiliza por primera vez en Toyota, pionera de JIT con el objetivo de poder fabricar lotes cada vez más pequeños y de esta manera poder satisfacer las demandas más exigentes del mercado.

El ingeniero japonés Shigeo Shingo (1985), llegó a pensar que estaba errado el pensar que las políticas de la empresa (Toyota) con respecto al cambio de utillajes estén dirigidas a mejorar la habilidad del operario, y no a llevar a cabo estrategias que permitan mejorar el método en sí. Con la implementación de SMED, Toyota logro reducir los cambios de matrices en algunos de sus procesos de tiempos como 1 hora o 40 minutos a 3 minutos.

Por lo que SMED surge a raíz del aumento de demanda en el mercado para una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación debían ser menores, en este caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuía el tiempo de cambio o se seguía con lotes grandes, con el consiguiente incremento de costos. A lo que, Shigeo Shingo acepto el reto de reducir las 4 horas que se necesitaban entonces para el cambio de modelo de prensa de estampación, consiguiendo el tiempo de apenas 3 minutos al finalizar su trabajo.

La evolución a través del tiempo ha provocado que los nuevos diseños de máquinas simplifiquen los cambios de series, a esto debe sumarse la metodología de trabajo de los operarios, sus conocimientos y las actividades respectivas. Como, por ejemplo, en la industria automotriz, SMED se ha empleado en los pit stops de la Formula 1, rompiendo records pasando de 57 segundos por el cambio de dos llantas y llenado de tanque de combustible a 1.90 segundos por cambio de cuatro llantas y llenado de combustible, logrado por el equipo de Reb Bull.

2.1.2. Kaizen

Luego de la Segunda Guerra Mundial, la economía japonesa se consolidó debido a sus modelos y prácticas implementadas. Pero a partir de esa consolidación, muchos han sido

los interrogantes que se han planteado respecto de los modelos y prácticas utilizadas en el resurgir después de la devastación causada por la Segunda Guerra Mundial.

La necesidad de edificar desde el principio las bases financieras y productivas de Japón, implicó una integración entre altos, medios y bajos perfiles, es decir, todos con igual compromiso de afrontar los nuevos retos, desafíos que se presentaban continuamente.

Kaizen surgió entonces como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de respuesta de todos los perfiles, para así afrontar los desafíos que se plantean cotidianamente, además, al ser necesario no solo restablecer el tema económico, sino social, este se convirtió en un estilo de vida, lo cual generó un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo de los japoneses, razón por la cual autores como Masaaki Imai, consideran al Kaizen como la clave de la ventaja competitiva japonesa.

Es importante mencionar que el término Kaizen es de origen japonés, y significa "cambio para mejorar", lo cual con el tiempo se ha aceptado como "Proceso de Mejora Continua". La traducción literal del término es:

KAI: Modificaciones

ZEN: Para mejorar

Por lo tanto, el principio en el que se sustenta el método Kaizen, consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores de una organización en sus continuos procesos de mejora, a través de pequeños aportes.

De igual manera, la implementación de pequeñas mejoras, por más simples que estas parezcan, tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones, y lo que es más importante, crean una cultura organizacional que garantiza la continuidad de los aportes, y la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales. (Ingeniería industrial online, 2012).

Con respecto a Kaizen existen varias definiciones; por ejemplo, según el autor Imai (2001):

“La esencia de KAIZEN es sencilla y directa: KAIZEN significa mejoramiento. Más aún, KAIZEN significa mejoramiento progresivo que involucra a todos, incluyendo tanto a gerentes como a trabajadores. La filosofía de KAIZEN supone que nuestra forma de vida —sea nuestra vida de trabajo, vida social o vida familiar— merece ser mejorada de manera constante” (p. 39).

2.1.3. Estudio de Procesos

Según Meyers (2000), Herramientas usadas al momento de clasificar los procesos involucrados según los intervalos de tiempo de trabajo y la frecuencia con que se repiten. Se realiza el análisis de datos para establecer tiempos promedios de trabajo usados en el mapeo de procesos.

2.1.3.1. Herramientas para el análisis de procesos

Para poder realizar el análisis de cada proceso se debe separar todo el ciclo de fabricación dejando las diferentes actividades realizadas durante la producción para obtener un producto final. De esta manera se pueden obtener datos de operaciones que generan valor al producto, además de poder visualizar los tiempos muertos de producción.

Los elementos dentro de un ciclo de fabricación se pueden catalogar de las siguientes formas:

- Constantes: Actividades que generalmente tienen en promedio el mismo tiempo de ejecución.
- Variables: Actividades cuyo tiempo de ejecución varía entre cada repetición.
- Manuales: Actividades realizadas por el operario.
- Mecánicos: Actividades realizadas por máquinas y/o de forma automatizada.
- Repetitivos: Actividades que se repiten más de una vez dentro del ciclo de trabajo.
- Casuales: Actividades realizadas esporádicamente y no de manera continua.

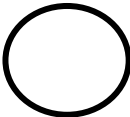

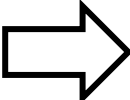
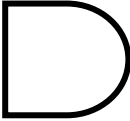
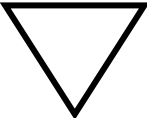
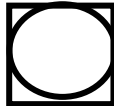
2.1.3.1.1. Diagrama de operaciones y procesos (DOP)

De acuerdo con Meyers (2000). Es una herramienta utilizada para tener visión completa y sencilla de los pasos realizados durante la fabricación de un producto. El tipo de simbología utilizada para dibujar el diagrama fue definido por el comité de la American Society of Mechanical Engineers (ASME), y es de uso universal en el mapeo de procesos.

Ejemplifica de forma muy sencilla y breve los elementos involucrados dentro del proceso global, así como dependencias entre procesos, los cuales pueden ser catalogados como

operaciones críticas. En la tabla 01 se muestra la simbología y el significado según la norma ASME.

Tabla 01. Simbología DOP

Símbolo	Descripción
	Operación: actividad que transforma el producto, ya sea modificando su forma, adicionando componentes o removiendo parte del objeto de entrada.
	Inspección: consta de la revisión y verificación de un producto, ya sea al finalizar una etapa o al final de todo el proceso productivo.
	Transporte: se trata del movimiento del producto de un área de trabajo a otro lugar. Se considera dentro del DOP cuando el tiempo de transporte es significativo dentro de todo el tiempo de producción.
	Demora: tiempo en el cual no se puede realizar alguna operación y el proceso de fabricación es interrumpido.
	Almacenamiento: lugar donde se colocan los productos terminados o en proceso durante un tiempo determinado.
	Actividad Mixta: indica que se realiza al mismo tiempo la operación y la inspección.

Fuente: Meyers (2000). Edición propia.

2.2. Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

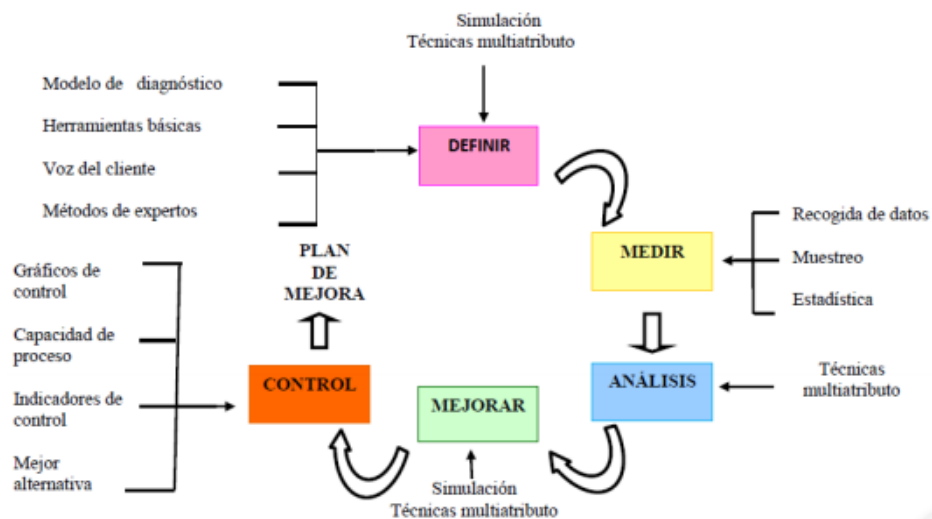
En el presente punto se desarrollan los conceptos y metodología DMAIC de Seis Sigma, las cuales se relacionan con la planeación del proyecto, los cuales deben quedar claros para un mejor criterio de entendimiento del problema de investigación.

2.2.1. Metodología DMAIC – Seis Sigma

La metodología Seis Sigma propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor al producto final o cliente desarrollando cinco (5) etapas denominado por sus siglas DMAIC, a través de métodos estadísticos.

- Define - Definir
- Measure - Medir
- Analyze - Analizar
- Improve – Mejorar
- Control – Controlar

Figura 04. Diagrama DMAIC



Fuente: Garza R., Rosario (2016). Ilustración de procedimiento basado en la metodología DMAIC [Figura]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

2.2.1.1. Definir

La primera fase es la de definición, la cual tiene como objetivo detectar las insuficiencias de los procesos actuales, y así poder definir el problema además de buscar oportunidades de mejora.

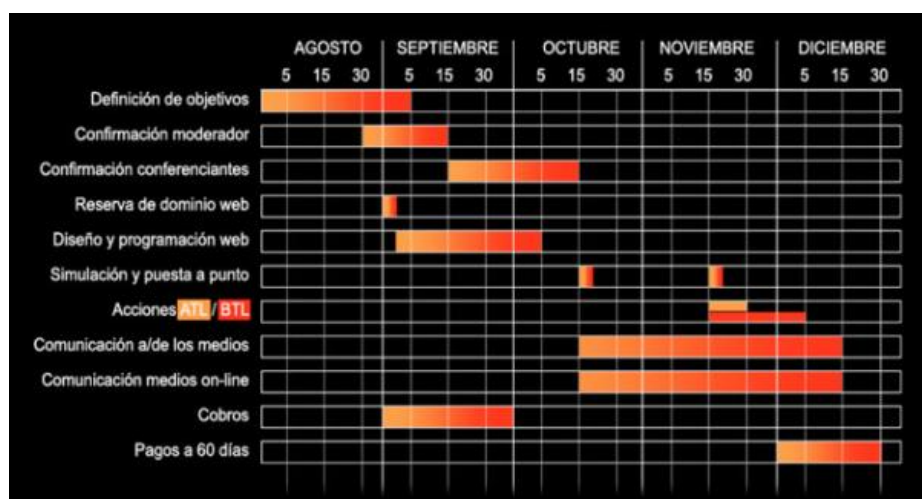
De acuerdo con Gutiérrez (2010), la etapa de definir es:

“En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto”. (p.291)

Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de planeación la cual tiene como objetivo exponer el tiempo de dedicación de las diferentes tareas o actividades de un proyecto a lo largo de un periodo a través de graficas de barras que indican el avance del proyecto acumulado realizado, proporcional en porcentaje al trabajo planificado desde el inicio del proyecto hasta la fecha de control.

Figura 05. Ejemplo diagrama de Gantt.



Fuente: Render, Barry; Heizer, Jay. (2009). Ilustración de diagrama de Gantt [Figura]. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/diagrama-de-gannt.html>

2.2.1.2. Medir

El objetivo principal de esta fase es obtener la mayor información del proceso actual; además de identificar los indicadores críticos para entender el comportamiento actual del proceso, la cual se consigue a través de la recolección de datos.

La tarea de medir persigue dos objetivos fundamentales según Cantú, (2011):

Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Esta es una información crítica para depurar y completar el desarrollo del plan de mejora.

Permite y facilita identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística es fundamental, por lo que es oportuna y valida la cita: "La calidad no se mejora, a no ser que se le mida." (p.198).

Esta es la etapa diseñada para entender el proceso, definir variables, además de validar los sistemas de medición que se utilizarán. En síntesis, es la etapa en donde se obtienen los datos acerca del problema y el proceso.

Las métricas de todo proyecto Seis Sigma están en las siguientes tres categorías:

1. Si se mejora un proceso eliminando los defectos, el proceso se volverá más rápido
2. Si se escoge hacer el proceso más rápido, usted tiene que eliminar los defectos para ser tan rápido como se pueda.
3. Si se mejora el proceso o se hace más rápido, este se estará haciendo más barato.

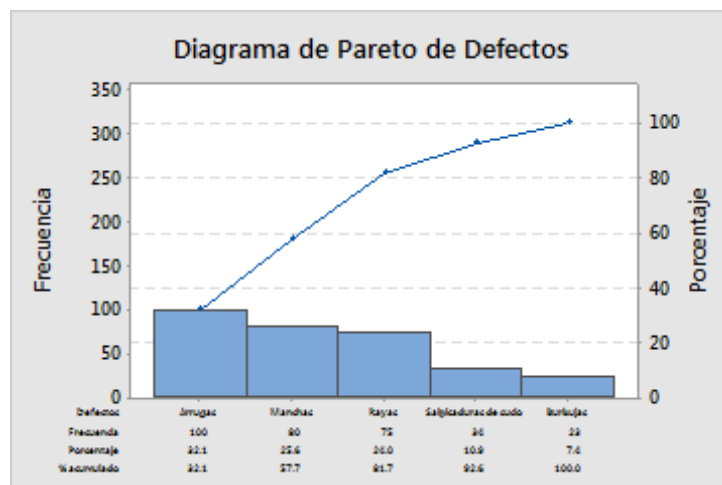
Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras que ayuda a seleccionar los problemas en forma descendente y con un orden de prioridades, el diagrama de Pareto permite dar prioridad a los problemas que más están afectando el proceso mediante la "Ley 80-20".

Asimismo, la Ley 80-20 indica que unos pocos elementos (20%), generan la mayor parte del efecto (80%) y el restante de los problemas generan muy poco efecto sobre el proceso en general. Dicho en otras palabras, de todos los problemas de un proceso, solo unos cuantos son los realmente relevantes.

Es importante mencionar que el Diagrama de Pareto ayuda a seleccionar el o los problemas que más conviene resolver, al facilitar la comunicación, y a su vez permite medir el antes y después de haber implementado las mejoras.

Figura 06. Ejemplo diagrama de Pareto.



Fuente: Minitab (2020). Ilustración de diagrama de Pareto [Figura]. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>

2.2.1.3 Analizar

En la etapa de análisis se tiene como objetivo el comprender porque los tiempos de setup son tan altos y cuáles son las variables identificadas como causantes; así mismo, se debe identificar que otras posibles variables ajenas al proceso en sí, pueden estar afectando el proceso consolidado. Es sumamente importante el considerar varios tipos de causas a la hora de aplicar la resolución de algún problema.

Como lo menciona la Universidad de Piura, (2005), dentro de las categorías más comunes son las que forman parte del Diagrama de Ishikawa:

- Método: Los procedimientos o técnicas usados para ejecutar el trabajo.
- Máquina: La tecnología, por ejemplo, computadoras o equipos de producción usados en el proceso de trabajo.
- Material: Los datos, instrucciones, números o hechos, impresos y ficheros que, con fallos, tendrán un impacto negativo en la Salida.
- Medida: Datos de errores obtenidos de la medida de un proceso o acciones

para cambiar la gente en base a lo que se midió y a cómo ha medido.

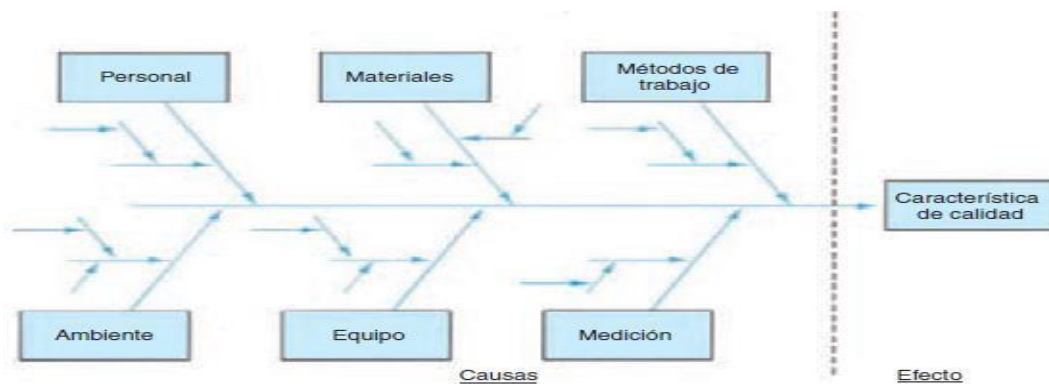
- Medio ambiente: Elementos ambientales, desde el tiempo a las condiciones económicas que impactan en cómo se lleva a cabo un proceso o negocio.
- Hombre: Una variable clara que afecta cómo todo el resto de los elementos se combina para producir los resultados del negocio. (p.58).

Las herramientas de utilidad en esta fase son muy variadas, por ejemplo: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, gráficos de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, despliegue de la función de calidad para relacionar variables de entrada con variables de salida, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, entre otros.

Diagrama Causa y Efecto – Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, llamado así en reconocimiento a Kaoru Ishikawa ingeniero japonés que lo introdujo y popularizó en el análisis de problema en la ciudad de Tokio. Esta herramienta es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas potenciales de provocar defecto, los cuales pueden ser controlables.

Figura 07. Ejemplo diagrama causa y efecto.



Fuente: Besterfiel, Dale. (2009). *Control de Calidad*. (8va Ed.). México, Editorial Pearson Education, Inc.

Según UNIT (Instituto uruguayo de Normas Técnicas) (2009), el diagrama de Ishikawa cuenta con seis (6) etapas para su elaboración:

1. Decidir el efecto que se requiera controlar y/o mejorar o un problema específico.
 2. Colocar el efecto en un rectángulo en el extremo de una flecha.
 3. Escribir los principales factores vinculados con el efecto sobre el extremo de flechas que se dirigen a la flecha principal (en general se considera aquí los factores de variabilidad más comunes). Cada grupo individual forma una rama.
 4. Escribir, sobre cada una de estas ramas, los factores secundarios, Un diagrama bien definido tendrá ramas de al menos dos niveles y varias ramas tendrán tres o más niveles.
 5. Continuar de la misma forma hasta agotar los factores.
 6. Completar el diagrama, verificando que todas las causas han sido identificadas.
- (p22)

Una vez que se completa el diagrama, este debe ser evaluado para determinar las causas más probables, luego se presentan soluciones para corregir las causas y mejorar el proceso para finalizar con las pruebas y la implementación.

2.2.1.4 Mejorar

Esta etapa tiene como objetivo seleccionar las características de desempeño del proceso que deben ser mejoradas y presenten variación directa a los CTQs (Critical to quality o en su traducción a español Dimensiones críticas para Calidad) para proponer e implementar las soluciones que ayuden a erradicar la causa raíz detectada o reducir los problemas seleccionados. Se pretende, con las mejoras implementadas controlar el proceso a lo largo del tiempo.

Según Gutiérrez, (2010):

Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, etc. La clave es

pensar en soluciones que ataquen la fuente del problema (causas) y no el efecto. (p.293).

Considerando que una implementación con base en la metodología DMAIC no es una actividad que se realiza una única vez, por el contrario, las mismas deben gestionarse con precaución y verificarse periódicamente.

Plan estratégico de implementación

El plan estratégico de implementación es una herramienta que determina metas y objetivos precisos y los medios que deben emplearse para alcanzarlos en un plazo dado. También se define como el proceso de establecer objetivos y escoger el medio más adecuado para lograr los mismo, antes de emprender la acción.

Autores como Leonard D. Goodstein (2005) define el plan estratégico de implementación como: “El proceso por el cual los miembros de una organización prevén su futuro, desarrollan los procedimientos y operaciones necesarias para alcanzarlos”

El plan estratégico de implementación involucra la iniciación de diversos planes de acción diseñados en el ámbito de producto, roles, funciones y su integración de la línea superior de la compañía, dado a que es el punto en donde se empieza a observar el impacto sistemático a largo plazo del plan estratégico aplicado; por esta razón, una vez que el plan de implementación se genera, se debe revisar que efectivamente se estén atacando los puntos de mejora definidos en la etapa anterior, de lo contrario se deberá replantear el plan y generar una nueva revisión del mismo.

2.2.1.5 Controlar

En esta etapa se tiene como objetivo proponer las herramientas que ayuden a controlar las propuestas a realizar durante y después de la posible implementación de estas. Lo que permitiría conocer las nuevas posibles causas de errores, lo que conllevaría a una mejora continua constante del proceso.

Indicadores de producción

El manejo de indicadores es indispensable para cualquier tipo de empresa, ya que mediante estos se puede ver el estado actual de la empresa además de ser pilar en las decisiones futuras para el trabajo de la empresa.

Según Meyers (2010), Se considera aceptable que el valor del indicador sea mayor a 1. Esto representa que se tienen ganancias, ya que los ingresos son mayores a los costos asumidos en mano de obra y materia prima, lo que se define con la siguiente formula.

Figura 08. Formula de índice de productividad.

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{Total de ventas}}{\text{Cantidad de recursos}}$$

Fuente: Meyers (2010)

Para efectos de este estudio, la formula se replanteará en busca de la productividad con respecto al tiempo y no a la cantidad de ventas.

Figura 09. Formula de índice de productividad aplicada a tiempos.

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{Tiempo promedio}}{\text{Tiempo de setup}}$$

Fuente: Edición propia

Figura 10. Formula de índice de productividad mensual aplicada a tiempos.

$$\text{Indice de productividad mensual} = \frac{\text{Tiempo promedio} \times \text{Cantidad de setup's}}{\sum \text{Tiempos de setup's realizados}}$$

Fuente: Edición propia.

2.3. Marco conceptual referente al impacto de un proyecto

En esta sección se describe el impacto de esta investigación.

2.3.1. Presupuesto

Según la definición de emprendepyme.net, (2017), un presupuesto es “Un plan de operaciones y recursos de una empresa, que se formula para lograr en un cierto periodo los objetivos propuestos y se expresa en términos monetarios”. (s.f). Tegra Medical Costa Rica, como toda empresa, maneja por cada área un presupuesto para controlar los gastos referentes a repuestos, actualizaciones de equipos, proyectos, compra de equipos y otros. Este presupuesto es calculado anualmente y es dividido para ser ejecutado por trimestre.

Al ser el presupuesto una estimación hecha con base en los gastos históricos y proyectos declarados, en ocasiones, si por algún motivo se va a gastar más del presupuesto, se debe solicitar la aprobación de este dinero a la Gerencia de la compañía. Para la realización del presente proyecto se cuenta con el presupuesto necesario para poder desarrollarlo.

2.3.2. Valor actual neto (VAN) cambiarlo por VAN y TIR tesis 3

Las empresas de hoy en día que se basan en proyectos; tienen cambios en sus operaciones debido a la búsqueda de la mejora continua. Por lo tanto, herramientas como el VAN o TIR, son técnicas de evaluación que ayudan a determinar si un proyecto es viable no.

2.3.2.1. Valor actual neto (VAN)

Según Solé (2011), el VAN se define como la sumatoria de los flujos de efectivos netos descontados (“actualizados”) a valor presente al costo de capital de la empresa o del proyecto (contemplando sus todos riesgos: del negocio, financiero y del entorno). Esta es conocida igualmente como tasa de descuento (d), la cual se define como la rentabilidad mínima aceptable por la empresa, por debajo la cual no deben aceptarse.

Figura 11. Fórmula matemática del VAN y sus variables.

$$VAN = \sum_{t=1}^n FC_t (1+d)^{-t} - I_0 \text{ donde:}$$

$$VAN = FC_1 (1+d)^{-1} + FC_2 (1+d)^{-2} + \dots + FC_{n-1} (1+d)^{-(n-1)} + FC_n (1+d)^{-n} - I_0$$

FC_t = Flujos Netos de Caja (en los períodos desde $t = 1$ hasta $t = n$)

I_0 = Inversión Inicial (en el momento cero)

d = Tasa de descuento (costo de capital)

Fuente: Solé (2011)

2.3.2.1. Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es una técnica derivada del VAN, la cual evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento (r), mediante la cual la totalidad de los flujos de cajas netos (positivos y/o negativos) y actualizados a valor presente son exactamente iguales a la inversión inicial (negativa). Solé (2011).

Figura 12. Fórmula matemática del TIR y sus variables.

$$0 = \sum_{t=1}^n FC_t (1+r)^{-t} - I_0 \text{ donde:}$$

$$0 = FC_1 (1+r)^{-1} + FC_2 (1+r)^{-2} + \dots + FC_{n-1} (1+r)^{-(n-1)} + FC_n (1+r)^{-n} - I_0$$

FC_t = Flujos Netos de Caja (en los períodos desde $t = 1$ hasta $t = n$)

I_0 = Inversión Inicial (en el momento cero)

r = Tasa Interna de Retorno (TIR)

Fuente: Solé (2011)

El criterio de aceptación de un proyecto basado en esta técnica consiste en que el TIR deberá ser mayor que la tasa mínima de costo de capital requerido (tasa de descuento) o al costo de los fondos de financiamiento, de lo contrario el proyecto se rechaza.

2.4. Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Trabajos Previos

Como referencia al enfoque en estudio, es indispensable realizar una delimitación de lo estudiado; en consecuencia, los antecedentes tomados como soporte de los estudios científicos realizados, por ende, la similitud con el objeto en estudio.

Quesada Quirós, Mario. Plan piloto de implementación de TPM en la empresa Gualapack Costa Rica. Informe de practica de especialidad para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica 2015. 109 p.

El objetivo de la investigación fue alcanzar un programa de mantenimiento preventivo que incorpore todos los parámetros necesarios para mantener un equipo de alta confiabilidad y disponibilidad. El capítulo 5 del estudio, Mejora en los tiempos de cambio de formato por medio de (SMED) en la línea BAG; tiene como objetivo, documentar el procedimiento de cambio de formato para la línea BAG en busca de reducir los tiempos de cambio. Se lograron detectar 4 actividades externas, pasando de quince actividades internas en el procedimiento inicial a trece actividades internas en el nuevo procedimiento propuesto. El autor a través de la documentación de la investigación demostró que el sistema SMED permitió una reducción de actividades logrando incrementar la productividad del proceso de mantenimiento.

Gálvez Peralta, Jose; Silva Lopez, Jose. Propuesta de mejora en las áreas de producción y logística para reducir los costos en la empresa Molina El Cortijo S.A.C. Trujillo. Tesis para bachillerato en Ingeniería Industrial. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, 2015. 124 p.

El objetivo de la investigación fue reducir los costos con la propuesta de mejora en las áreas de producción y logística en la empresa Molino El Cortijo S.A.C, Trujillo, Perú. Relata el autor que se realizó un análisis de la demanda histórica de las ventas del 2011 al 2013, aplicando las metodologías 5'S y SMED, a lo que se concluyó que se debe aplicar mantenimientos preventivos constantes para obtener un incremento de efectividad de un 83.2% a un 93.3%. Además, con una redistribución de planta se redujo de 77 horas de traslado de operarios a 63 horas, pasando de una variación de horas productivas de 26% a 13%, lo que representa un ahorro de 243.28 soles al mes. Al ajustar los niveles de producción y reduciendo los costos por almacenaje se ahorraron 12950 soles anuales. Tal como se describe anteriormente, la investigación permitió obtener resultados viables económica y financieramente, permitiendo reducir costos operativos, mejor organización y eliminando tiempos no productivos.

CAPITULO III
MARCO METODOLOGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

El presente estudio se caracteriza por ser de tipología descriptiva, documental y correlacional.

La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Hernandez, et. Al, (2010).

La investigación por realizar consistirá en una investigación descriptiva, ya que pretende analizar el método de trabajo actual del proceso de setup del departamento de manufactura Citizen de la empresa Tegra Medical Costa Rica. Asimismo, se hará una recopilación relevante de información que evidencie la ejecución del método de trabajo actual.

La segunda tipología en esta investigación es de naturaleza documental. Según Bernal (2010), “Consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio” (p. 111).

Es de importancia relevante, el análisis de las diferentes fuentes de información que maneje la empresa, así como también normas de calidad relacionadas directamente al proceso de setup o manufactura.

La tercera tipología de esta investigación es de naturaleza correlacional. Según Sampieri et al (2014), los estudios correlacionales tienen como propósito conocer la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.

Para efectos de este trabajo, se pretende definir el problema a través del empleo de las herramientas de Calidad diagramas de Isikawa y Pareto para analizar los procedimientos actuales capturados a través de la herramienta flujo de procesos para conocer y evaluar las operaciones críticas del setup en donde sea necesario contar con el torno suizo detenido; además, estas herramientas serán determinante como base del análisis de variables que tiene este proceso.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

Esta sección aborda las diferentes herramientas que se emplearan para la medición y recolección de los datos durante el desarrollo de este estudio de investigación.

Según Stevens S. (1947), la medición es un proceso que consiste en asignar numerales a determinados fenómenos o eventos, siguiendo reglas previamente establecidas.

Por lo que, basado en lo anterior, para esta investigación se usaran dos herramientas una de medición y otra para el respaldo cualitativo del proyecto.

3.2.1. Estudio de tiempos

Según Salvendy, (2001), un estudio de tiempos consiste en la determinación del tiempo que requiere completar un proceso, actividad, tarea o paso específico.

Por lo que se podría decir que el objetivo de un estudio de tiempos es eliminar o mejorar elementos innecesarios que podrían afectar, la productividad, seguridad y calidad de la producción. Para efectos de este trabajo de investigación, se pretende medir cada tarea u operación que conforme el proceso de setup.

3.2.2. Hojas de verificación

Una hoja de verificación o de chequeo es una herramienta de respaldo cualitativa, utilizada para recoger y compilar de forma estructurada datos asociados a un proceso o situación particular. La hoja de verificación varía de acuerdo con tipo de hoja aplicable al tipo de variable a cuantificar. A pesar de no haber tipos de hojas establecidos formalmente, los usos más comunes se resumen en tres.

- Hoja para registro de datos
- Hoja de lista de chequeo
- Hoja de localización

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Para entrar en detalles sobre el tema de estrategia, Hill y Jones (2003), refieren que se entiende que la formulación es la acción de seleccionar, mientras que la implantación de estrategias, implica poner en práctica las estrategias seleccionadas, proceso que involucra múltiples tareas como son el diseño, respaldo del producto (bien o servicio que se oferta con excelencia), mejorar la eficiencia y eficacia de las operaciones, diseño de una estructura organizacional, sistemas de control y una cultura proactiva en la organización y/o institución.

Por lo anterior, es factible en ajuste a las posibilidades de esta investigación y la formación actual del sustentante, prefijar lineamientos básicos que respondan al interés de la empresa como un todo y proponer, más bien, la implementación de un programa y un proyecto.

De acuerdo con Project Management Institute, (PMI), (2008) un programa es: "(...) un grupo de proyectos interrelacionados que son administrados de forma coordinada, con el fin de obtener beneficios y control que no estarían disponibles si se gestionan de manera individual." (p.178) y el proyecto como: "un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único." (181).

De igual forma, la mejora del proceso de Setup del Departamento de Citizen de Tegra Medical, forma parte de un entramado mayor a nivel organizacional que implica decisiones gerenciales, control de los ejecutivos por funciones, idoneidad del talento humano, equipo adquirido que sea el apropiado y múltiples aspectos por enumerar.

Por lo tanto, un programa debe incluir la práctica permanente de reflexión–acción. De poco es el aporte, si lo que se descubre y se reconoce como trascendental y accesorio, no se atiende con celeridad. Dentro de un programa de reingeniería industrial habría posibilidad de incluir el proyecto de setup de un proceso, eje central de este estudio.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

Haciendo uso de la metodología de Seis Sigma (DMAIC), en procura de garantizar que Tegra Medical disponga de bienes producidos y servicios ofertados de calidad, se implementará los pasos propuestos, en conjunto con lo establecido en el procedimiento de diagrama Gantt.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

En primera instancia, el proyecto se elabora cumpliendo con las disposiciones propias del formato de un trabajo final de graduación. Se solicita las autorizaciones respectivas y se procede a la elaboración de un Diagrama de Gantt, a efecto de contener una hoja de ruta con las distintas actividades por realizar, en especial, la calendarización de la fase de campo.

Por ende, en calidad de colaborador actual en Tegra Medical, ejerciendo el cargo de Ingeniero de Calidad y Validaciones en el Departamento Ingeniería de Calidad, se solicitará a las autoridades de la empresa la mayor colaboración posible, debido a que implícitamente se estima que el entregable final sirva como insumo a las acciones/decisiones que en materia de alistamiento (setup's) haga la compañía.

Igualmente, la gestión del alcance del proyecto incluye los procesos necesarios para asegurar que el proyecto abarque todo el trabajo requerido para que se complete exitosamente. Éste vela principalmente por definir y controlar lo que se integre y lo que no en el trabajo.

En cuanto a la planificación del alcance, es el proceso de elaborar y documentar progresivamente el trabajo del proyecto (alcance del proyecto) que da lugar al producto. La planificación del alcance comienza con las entradas iniciales y/o descriptivas de lo que se persigue, de acuerdo con los objetivos investigativos.

Como se indicó anteriormente, otro aspecto es el permiso legal del proyecto y la definición inicial de las restricciones y supuestos (que se puede hacer y que, de acuerdo con las políticas de Tegra Medical). Las tareas generales se descomponen en otras menores y se entrelazan las actividades programadas.

Se utilizan las técnicas como juicio de expertos, minutas, entrenamientos, entrevistas semiestructuradas, formularios o estándares para elaborar y documentar el trabajo del proyecto. Como parte del seguimiento, es necesario la inclusión del juicio experto, con el fin de evaluar el comportamiento del proceso. Dicha práctica puede ser proporcionada por cualquier grupo o individuo con un conocimiento o entrenamiento especializado, y se puede obtener de muchas fuentes, como unidades dentro de la organización, técnicos de Tegra Medical que manipulan e instalan equipo o consultores externos.

CAPITULO IV
LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA

4.1 Diagnostico de la situación actual

El presente capítulo muestra el análisis de los datos actuales con los que cuenta la empresa a nivel del alistamiento de material y setup de los equipos tornos suizos. Los datos que se presentan fueron obtenidos a través del software que usa la empresa para el registro de tiempos (JobBoss) además de tablas de Excel no controladas que usa el equipo de producción.

El proceso de Setup es considerado como el proceso micro más importante y esencial dentro de un proceso macro; ya que, es donde se genera la base y punto de partida de una corrida de producción eficiente y eficaz. Para la empresa Tegra Medical Costa Rica, el setup es visto como un proceso micro de gran relevancia, el cual, dependiendo del producto y cliente, va a requerir una validación de parámetros a través de un “*Operational Qualification*” (Calificación del rango Operacional) y un “*Performance Qualification*” (Calificación del rendimiento del proceso), razón por la que es crucial la estandarización de este proceso micro.

4.2 Área de producción Citizen

El departamento Citizen cuenta con más de 50 diferentes productos/números de parte (PN) distribuidos en las diferentes maquinarias con las que cuenta, cada producto contiene su propio set de herramientas de corte, offsets generales y programas CNC. Sin embargo, todos los PN siguen el mismo flujo de setup; por lo que, para efectos de la investigación, análisis, recopilación de datos, propuesta e implementación, se enfatizará únicamente en un número de parte, como representación de todos los productos. El número de parte elegido por mayor demanda de setups es el P40632, Obturator Sleeve, Air 2.0.

En la actualidad el área de producción Citizen cuenta con trece (13) tornos suizos de diferentes modelos (A20, L20, B12 y K16) y con más de sesenta (60) diferentes productos ejecutados en este proceso distribuidos entre componentes para ensambles o subensambles y/o producto final.

Cada modelo de torno suizo usa una serie de diferentes herramientas únicas para su ajuste, las cuales no son compatibles con otros tornos, así mismo estas herramientas también van a depender si el modelo es japonés o estadounidense, ya que, tienen

diferentes longitudes y funcionalidades; además, de las diferentes herramientas de corte definidas para cada producto.

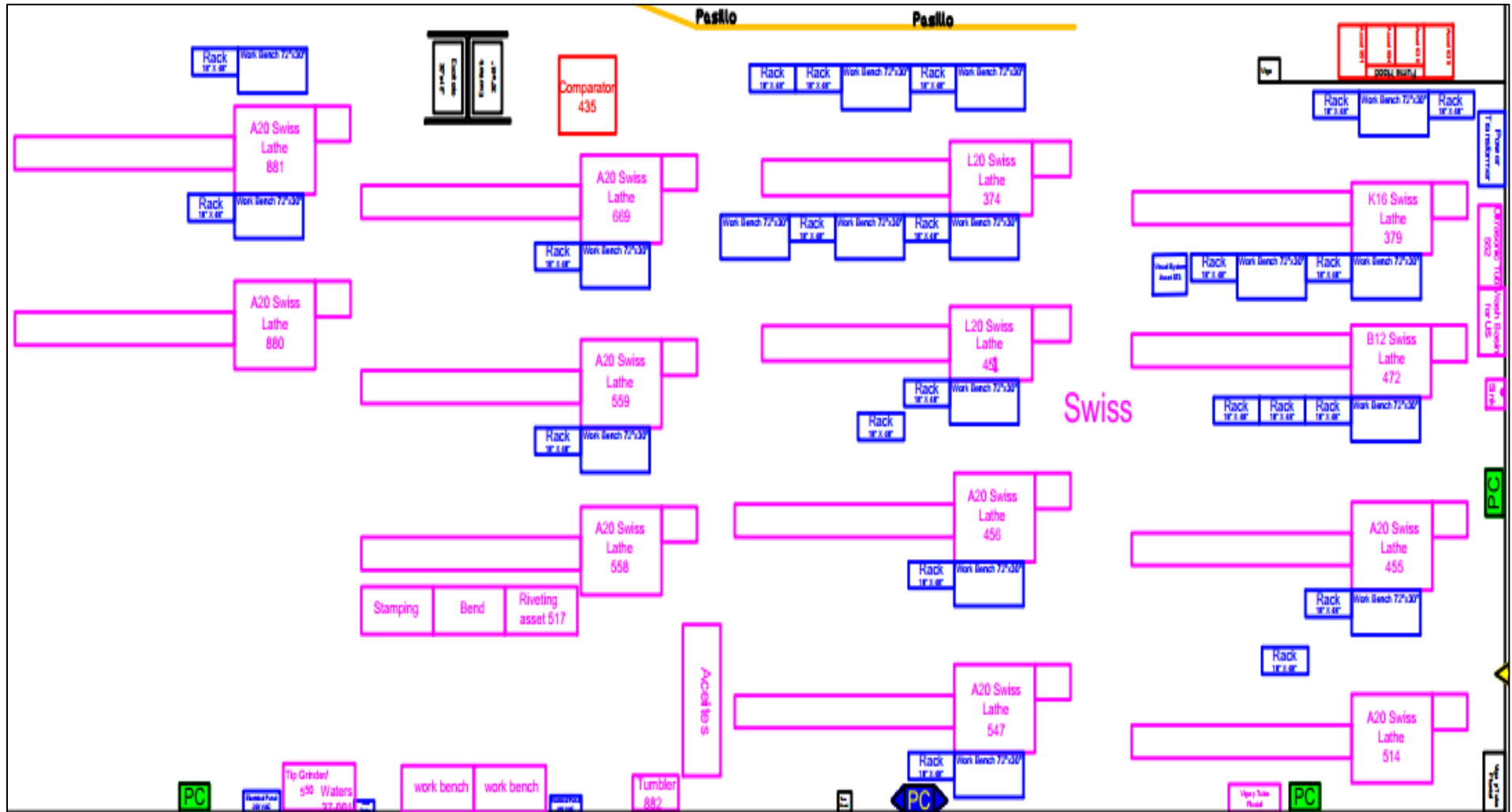
Por efecto de confidencialidad de la empresa, no se pueden detallar los nombres de los productos, así como tampoco la frecuencia y demanda de producción de estos productos.

Tabla 02. Tornos suizos instalados en el área de Citizen.

Modelo	No Serie	No Activo
CAV16KE-15	KE5113	379
B-12	Z12483	472
A20 VIPL	AC5528	455
A20 VIPL	2568	514
CAVL20-IS	QE5550	374
L20EIX	QE5373	451
A20 VIPL	AC0823, 2010	456
A20 3F7N	AF 1099	547
A20 VIPL	AC5691	669
A20 VIPL	AC0339	559
A20 VIPL	AC0507	558
A20 3F7	AF6462	880
A20 3F7	AF-6463	881

Fuente. Edición propia

Figura 13. Layout ubicación del área Citizen



Fuente. Tegra Medical Costa Rica.

4.3 Proceso de Setup

El proceso de setup no contempla la maquinaria únicamente, también hay un grupo de variables relevantes para que esta operación o proceso pueda ser llevada con éxito.

4.3.1. Equipos y herramientas necesarias para el proceso Setup

A continuación, se describe una lista de herramientas de ajuste y herramientas de la máquina usadas en el proceso de setup; estas herramientas fueron descritas por los técnicos mecánicos de precisión como las necesarias e indispensables para la ejecución de la operación.

Tabla 03. Herramientas de ajuste y herramientas de máquina.

#	Herramientas de ajuste	#	Herramientas de máquina
1	Llaves Allen en pulgadas	11	Lápiz para Presiones
2	Llaves Allen en milímetros	12	Llave para bloqueo de los chucks
3	Alicates	13	Llave para bloque del Guide Bushing
4	Cizalla	14	Llave para la tuerca del main Chuck
5	Set de desatornilladores	15	Llave del Guide Bushing
6	Set de llaves inglesas	16	Lápiz para el Guide Bushing
7	Llaves tipo perros	17	Llave para bloqueo de herramientas vivas con tuerca hexagonal (3 tipos ER 12/16/20)
8	Gasas	18	Llave para la tuerca de herramientas vivas tipo hexagonal (3 tipos ER 12/16/20)
9	Mazo	19	Llaves para bloqueo de herramientas de corte con tuerca de engranes (3 tipos ER 12/16/20)
10	Tinta	20	Llaves para la tuerca de herramientas de corte con engranes (3 tipos ER 12/16/20)

Fuente: Edición propia.

Tabla 04. Fotos de herramientas en general




























Fuente. Edición propia. [Figuras capturadas en Tegra Medical Costa Rica]












4.3.2. Flujo de Proceso





Con base en el análisis realizado mediante la observación, el proceso de setup actual se ejemplifica con el siguiente diagrama de flujo de proceso y los respectivos tiempos tomados. Cabe destacar que cada técnico mecánico de precisión realiza un procedimiento de setup de acuerdo como considere mejor y necesario el orden de operaciones, ya que la instrucción de trabajo del setup para cada número de parte únicamente detalla los tipos de herramientas a usar, vidas útiles de las herramientas, posición de las herramientas y alguna información adicional (notas) esencial para el setup. Por tiempo y horarios programados para los setup's, el tiempo estimado representa el tiempo promedio de cuatro setup's.

Tabla 05. Diagrama de flujo de proceso vs. Tiempo promedio por operación.

#	Descripción de la actividad	Tipo de operación	Tiempo (min / seg)
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo.		6' 57"
2	Se mueve el material desde bodega (Segundo edificio) hasta el área de Citizen (Primer Edificio).		13' 58"
3	Se buscan las herramientas de corte que aplican al número de parte que se va a ejecutar.		9' 57"
4	Se buscan las herramientas de la maquina (las más importantes y/o comunes)		132' 00"
5	Se busca la Instrucción de Trabajo para el setup del número de parte		18' 00"
6	Se buscan los canales		52' 14"
7	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder		22' 59"

8	Se insertan los nuevos canales.		47' 22"
9	¿Calzan los canales?		-
10	Se repiten las operaciones 6, 7, 8 y 9.	NO	-
11	Se continua con la operación 12.	SI	-
12	Se retira el telescopio que tiene la maquina		12' 57"
13	Se busca el telescopio para el nuevo número de parte.		31' 59"
14	Se instala el telescopio.		3' 57"
15	Se retira el main collet de la máquina.		2' 00"
16	Se busca el main collet del número de parte.		28' 59"
17	Se instala el main collet.		1' 19"
18	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.		6' 00"
19	Se retira el Guide Bushing		3' 00"
20	Se busca el guide Bushing para el PN		7' 58"
21	Se instala el nuevo guide bushing		1' 59"
22	Se busca el back collet.del número de parte.		21' 54"
23	Se retira el back collet que tiene la máquina.		1' 59"
24	Se instala el back collet.		1' 22"
25	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.		3' 00"
26	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)		2' 27"
27	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.		3' 00"

28	Se procede a descargar el programa para el numero de parte de la base de datos de la empresa y se almacena en una tarjeta SD.		16' 59"
29	Se carga el programa en el torno suizo, a través de la tarjeta SD.		1' 56"
30	Se buscan los portaherramientas requeridos, topes, collets y tuercas requeridas. (En caso de que se necesite usar el sistema neumático, este también se busca en este punto)		44' 00"
31	Se ensamblan los portaherramientas con los topes y herramientas de corte (insertos), así como también los collets con tuercas y herramientas de corte con rotación.		16' 54"
32	Se retiran las herramientas de torno e instalan las herramientas previamente ensambladas.		126' 58"
33	Se ajusta el Guide Bushing con la barra/tubo. (materia prima)		24'53"
34	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.		201' 55"
35	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.		3' 00"
36	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc)		12' 00"
37	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte		72' 00"
38	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.		1' 53"

39	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.		3' 04"
40	Se procede a fabricar una pieza completa.		4' 12"
41	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.		6' 00"
42	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.		7' 53"
43	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.	-	-
Tiempo Total			980' 54''
			16.34 h

Fuente: Edición propia.

Como se puede apreciar en el flujo de operaciones anterior, el proceso de setup presenta operaciones relacionadas a la búsqueda de objetos y herramientas lo que genera una suma significativa de tiempo de maquina muerto, además al no tener una secuencia estándar en el proceso de setup, este extiende su tiempo de ejecución al no realizar tareas conjuntas, así como tampoco secuenciales. Además, de acuerdo con la empresa, no existe un tiempo estándar definido para todo el proceso de setup como tal, por lo que nunca se había contemplado el costo de este hasta este año en que los costos del proceso Citizen como tal se elevaron tanto que se vio reflejado en el esquema utilidad vs presupuesto. Por confidencialidad de la empresa no se puede mostrar el chart utilidad vs presupuesto ni ninguna información que contenga y/o refleje el estatus financiero de la empresa. Sin embargo, para efectos de la investigación en curso, se usarán números ficticios aproximados a los montos reales.

Por otro lado, cada técnico tiene una jornada laboral de ocho (8) horas diarias, sin embargo; como reglamentación de la empresa cada trabajador debe realizar las siguientes pausas obligatoriamente durante su jornada laboral.

Tabla 06. Recesos establecidos por la empresa.

Actividad	Tiempo
Desayuno/Café	15 minutos
Pausas activas	15 minutos
Almuerzo/Cena	30 minutos
Necesidades básicas (Toma de agua, lavado de dientes, entrenamientos, necesidades fisiológicas)	30 minutos (tiempo estipulado por la empresa)
Briefing (reunión inicial)	15 minutos
Tiempo permitido para marcar antes de la hora de salida.	15 minutos
Total	120 minutos (2 horas)

Fuente: Edición propia.

Los técnicos encargados de los setup's representan un costo operacional aproximado por hora de ¢3100 (dato provisto por el supervisor de producción) esto quiere decir.

Tabla 07. Costo total del setup actual.

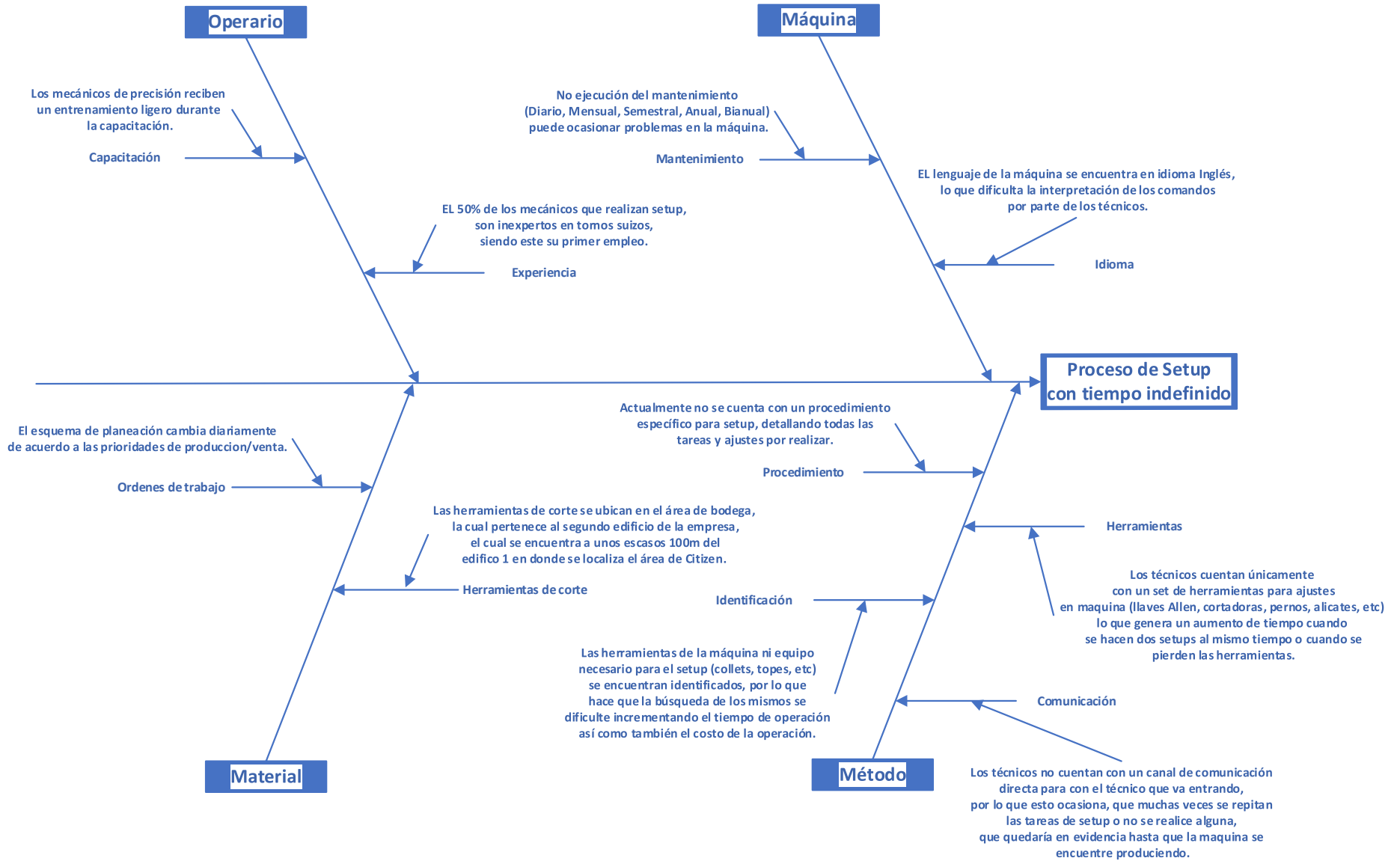
Descripción	Tiempo	Costo
Tiempo aproximado de setup.	17 h (8 horas por turno)	¢52700
Tiempo para necesidades básicas estipuladas por la empresa.	6h (2 h por turno)	¢18600
Total	23 horas	¢71300

Fuente: Edición propia.

Por lo que, en base a las tres tablas anteriores, se puede estimar que el costo de operación de un setup es de aproximadamente ¢71300. Según el Supervisor de producción por mes se realizan en promedio 7 setup's, lo que generaría un costo operacional total aproximado de ¢499100.

Como parte de la investigación de la situación actual dentro del área Citizen, se desarrollaron diferentes reuniones con el personal para determinar las posibles causas raíz que impactan directamente al tiempo de ejecución de un setup.

4.4. Diagrama de Ishikawa para determinar las posibles causas raíz de un proceso de setup con tiempo variable indefinido.



A continuación, se detalla el análisis de cada posible causa mostrada en el diagrama de Ishikawa anterior, además de la determinación de estas como causa potencial o irrelevante.

Tabla 08. Desarrollo de las causas raíz.

Categoría	Causa Raíz	Evaluación	Conclusión
Operario	Capacitación	Los mecánicos de precisión reciben un entrenamiento ligero durante la capacitación.	<p>Para poder realizar un setup se debe poseer un conocimiento a nivel técnico y habilidad con la maquinaria, así como también su composición, por lo que, si no se tiene el conocimiento suficiente, se puede llegar a entorpecer la operación y por ende generar mayor tiempo durante el setup.</p> <p>Por lo tanto, la capacitación es considerada como posible causa raíz del problema.</p>
	Experiencia	El 50% de los mecánicos que realizan setup son inexpertos realizando setup, siendo este su primer empleo.	Tal como se indica en el punto de arriba, la experiencia con la maquina es clave para realizar un setup por lo que, esta posible causa raíz se toma como parte de la causa raíz "capacitación".

Maquina	Mantenimiento	No ejecución del mantenimiento (Diario, Mensual, Semestral, Anual, Bianual) puede ocasionar problemas en la máquina.	Como parte del sistema de calidad todos los mantenimientos son registrados en la base de datos de calidad, además, si un mantenimiento no se realiza se debe llevar realizar una justificación del porque no se realiza, así como también como afecta esto al equipo. Por lo que, el mantenimiento se considera como causa irrelevante al problema.
	Idioma	El lenguaje de la maquina se encuentra en inglés, lo que dificulta la interpretación de los comandos por parte de los técnicos.	El nivel de inglés requerido para el puesto de trabajo “Mecánico de precisión” es básico, sin embargo, para poder entender el lenguaje técnico de la maquina se debe tener experiencia con el equipo. Por lo tanto, esta posible causa se toma como parte de la causa “capacitación”.
Método	Procedimiento	Actualmente no se cuenta con un procedimiento específico para setup, detallando todas las tareas y ajustes por realizar.	La explicación del procedimiento para la realización de un setup es considerado crítico para su ejecución, por lo que al no haber un documento físico que indique el paso a paso del proceso afecta directamente al tiempo general del setup, ya que se deja abierta la puerta a diversos métodos de ejecución.

			Por lo tanto, el procedimiento es considerado como una posible causa raíz.
	Identificación	Las herramientas de la máquina, ni equipo necesario para el setup (collets, topes, etc) se encuentran identificados, por lo que hace que la búsqueda de estos se dificulte incrementando el tiempo de operación, así como también el costo de la operación.	La no identificación de las herramientas utilizadas durante el setup puede causar demoras en la búsqueda de estas; sin embargo, esta causa se considera un factor contribuyente a la causa raíz y no una posible causa raíz.
	Herramientas	Los técnicos cuentan únicamente con un set de herramientas para ajustes en maquina (llaves Allen, cortadoras, perros, alicates, etc) lo que genera un aumento de tiempo cuando se hacen dos setups al mismo tiempo o cuando se pierden las herramientas.	Las herramientas de ajuste son indispensables para la ejecución del setup, por lo que el tener un solo set de herramientas y a su vez compartirlo, puede generar demoras y tiempos muertos en el setup. Sin embargo, esta causa también se considera como contribuyente a la causa raíz y no una posible causa raíz.

	Comunicación	Los técnicos no cuentan con un canal de comunicación directa para con el técnico que va entrando, por lo que esto ocasiona que muchas veces se repitan las tareas de setup o no se realice alguna, que quedaría en evidencia hasta que la maquina se encuentre produciendo.	El no tener un canal de comunicación entre dos o más personas que elaboran una función continua, puede causar tareas repetitivos o asunciones de tareas completadas; sin embargo, esta causa se considera como contribuyente a la causa raíz y no una posible causa raíz ya que un canal de comunicación reduciría los tiempos en acciones repetidas, pero no reduciría el tiempo general de setup.
Material	Ordenes de Trabajo	El esquema de planeación cambia diariamente de acuerdo con las prioridades de producción/venta.	El cambio constante en las ordenes trabajo es una causa contribuyente a la inflación del tiempo de setup, siempre y cuando ya se haya iniciado con el setup, de lo contrario no genera ningún tiempo extra al proceso regular. Por tal razón, es considerada como causa contribuyente a la causa raíz y no como posible causa raíz.
	Herramientas de corte	Las herramientas de corte se ubican en el área de bodega, la cual pertenece al segundo edificio de la empresa el cual se encuentra a unos escasos 100m del edificio 1, en donde se localiza el área de Citizen.	El traslado entre edificios para la búsqueda de herramientas genera tiempos muertos, sin embargo, esta causa se considera como contribuyente y no posible causa raíz ya que la solvencia de este problema reduciría en un pequeño porcentaje el tiempo general de setup.

Fuente: Edición propia.

Con base en la tabla anterior, se realizó una reunión con el personal que realiza los setup's bajo el concepto juicio de expertos para analizar a profundidad cada posible causa raíz mencionada anteriormente y determinar los posibles problemas que enfrenta cada causa raíz, mismo que se referencia en la siguiente tabla y diagrama de Pareto.

Tabla 09. Evaluación de las causas raíz.

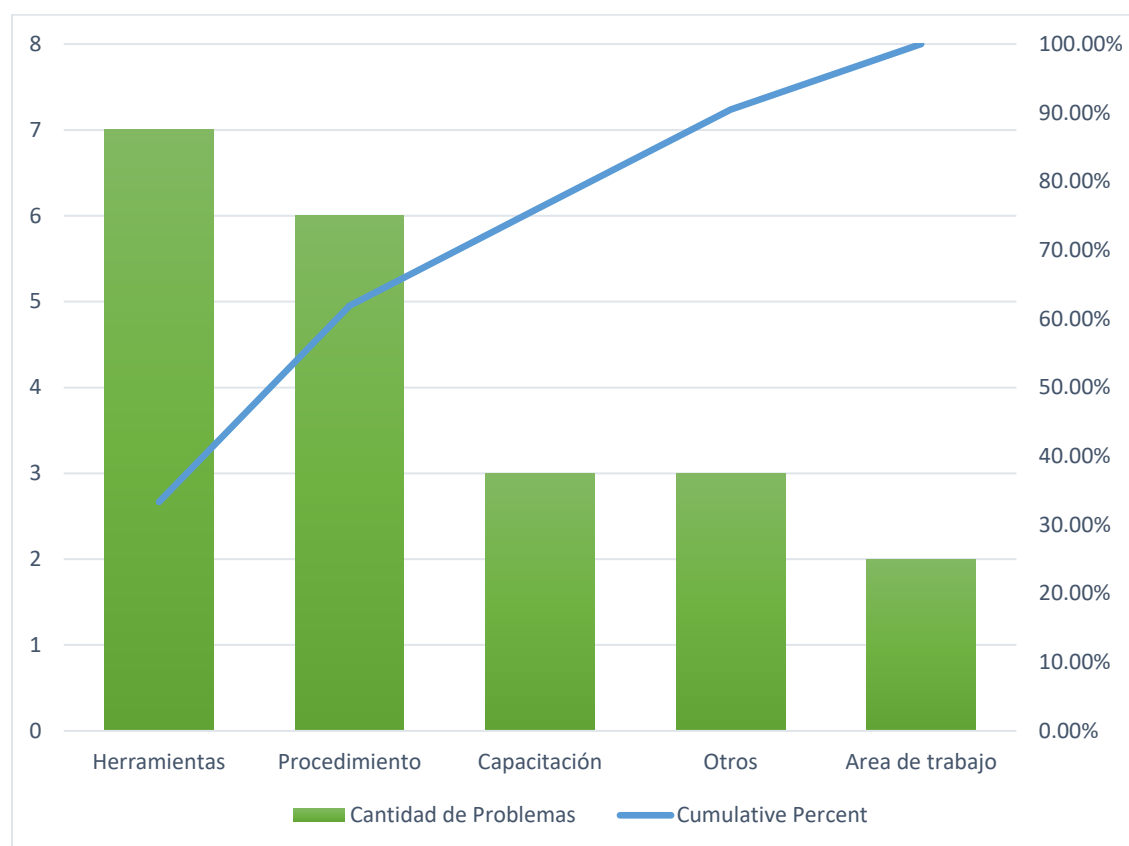
Posible causa raíz	Sub-causa	Problema visto durante el setup	Cantidad total de problemas
Operario	Capacitación	No existe procedimiento que indique como realizar el setup.	3
		No existe un plan de entrenamiento para los mecánicos de precisión.	
		El lenguaje de la maquina no es conocido por todos.	
		Los mecánicos de precisión manejan un inglés básico y las instrucciones de trabajo para cada número de parte están en inglés, así como también los formularios de inspección.	
Método	Procedimiento	No existe un orden estándar a seguir para la ejecución del setup.	6
		Los programas se modifican y no se guardan.	
		Cada mecánico realiza los cambios de herramientas con un método diferente.	
		Las herramientas no se están centrando igual y muchas veces hay que arreglar el problema mientras se corre producción.	
		Las longitudes de las herramientas varían entre mecánicos.	
		La logística de recolección de herramientas en general genera mucho tiempo muerto.	

Herramientas	Un solo set de herramientas manuales.	7
	Las herramientas de cada máquina están incompletas.	
	No hay identificación de los tipos y/o medidas de los collets.	
	No hay suficiente cobre para las mangueras de alta, así como tampoco hay fittings (tuercas especiales)	
	Los relojes indicadores están dañados	
	Casi no hay repuestos de tornillos hexagonales, tuercas, tornillos Thor, etc.	
	Los canales del bar feeder no están identificados y algunos cortados.	
Área de trabajo	Cajas de herramientas debajo de las mesas, lo cual resulta incómodo para la realización del setup.	2
	El área en donde se encuentran las herramientas esta sucio y con cosas que no pertenecen al área.	
Otros	Algunos mecánicos le desactivan el interlock (bloqueo) a las puertas, cuando siempre debería estar activo.	3
	No hay herramientas de medición para cuando se realizan setup's.	
	No se comunica lo que el mecánico #1 hizo para que el mecánico #2 continúe.	

Fuente: Edición propia.

4.5. Diagrama de Pareto para evaluación de las causas raíz.

Figura 14. Diagrama de Pareto.



Fuente: Edición propia.

4.6 Resultados del diagnóstico

Con la información mencionada, a través del capítulo se comprueban las deficiencias que existen a nivel de control y ejecución de setup, así como también en la logística y programación de estos; por lo que, el diagnóstico realizado para la empresa Tegra Medical Costa Rica concluye como se amplía a continuación:

1. Luego del análisis del punto 4.3.2., se determinó la necesidad de crear un procedimiento suficientemente efectivo que se convierta una herramienta de trabajo que facilite la realización de los setup's, además de una exhaustiva capacitación acerca del funcionamiento del torno suizo, ya que el personal está presentando problemas con la comprensión de la maquina y procedimientos actuales.

2. Además, como parte del análisis del punto 4.3.2. en conjunto con los resultados de los diagramas Ishikawa (Punto 4.4) y Pareto (Punto 4.5), se pudo observar una importante deficiencia en el método de ejecución de setup, ya que esto influye directamente en el tiempo de entrega prometido a un cliente interno y/o externo.

3. Como se detalla en la tabla 09 del punto 4.4, se identificó una oportunidad de mejora en la identificación de las herramientas en general, de igual manera en la localización de estas herramientas y la administración de estas.

CAPITULO V
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1. PROPUESTAS DE MEJORA

En base a los resultados obtenidos en el análisis de proceso actual y al diagnóstico de los principales problemas por los que atraviesa la empresa, se plantearán propuestas de mejora al proceso actual de setup.

Primero se determinan las herramientas más adecuadas para las propuestas de mejora mediante una matriz de enfrentamiento en base a criterios relacionados a la resolución de la causa raíz. Luego, se plantean propuestas de mejora y se desarrolla al menos una de ellas mostrando su beneficio y necesidad de implementación.

El objetivo principal de las propuestas es la reducción del tiempo general de setup, a la vez creando un tiempo standard que permita reducir costos operacionales y definir un sistema de trabajo y organización que le permita a la empresa trabajar de forma óptima.

5.1.1. Propuesta de mejora iniciales

Para solucionar los dos problemas principales encontrados durante el análisis es necesario determinar que herramientas es la más adecuada para mejorar la situación actual de la empresa. Para esto, en la tabla 10 se listan las herramientas de manufactura esbelta que pueden utilizarse para los problemas identificados.

Tabla 10. Lista de herramientas de Lean Manufacturing

Herramientas de Lean Manufacturing	
5'S	Jidoka
Kaizen	Kanban
TPM	Mapa de flujo de valor (VSM)
JIT	Poka Yoke
SMED	Reingeniería de Procesos (RP)
Teoría de Restricciones (TR)	

Fuente: Rajadell (2010). Edición propia.

En base a todas las herramientas disponibles, se debe elegir cuales serán utilizadas para la solución de problemas y el planteo de propuestas de mejora. No se pueden utilizar todas las herramientas dentro de un mismo proceso, debido a que se trata de un cambio inicial a realizarse en la empresa dentro de un proceso de producción en particular.

Un cambio total a nivel de todos los productos que pasan por la operación Citizen y con la aplicación de todas las herramientas de manufactura esbelta sería un escenario ideal para mejorar por completo la metodología de trabajo de la empresa, pero eso puede ser análisis de estudio para proyectos futuros, los cuales se salen del alcance de este trabajo.

Por lo que, se hace una matriz de enfrentamiento entre los problemas actuales diagnosticados y las herramientas a utilizarse, y se evalúan mediante los siguientes criterios:

- Costo de implementación no muy elevado.
- Tiempo de realización no muy extenso.
- Sencillo de aplicar para un primer inicio de cambio en la metodología de trabajo.

El método usado para la evaluación es cuantitativo, la cual consisten en asignar un puntaje de 0 a 4 a cada herramienta dependiendo de la utilidad para la problemática y de los criterios antes mencionados.

El puntaje 0 significa que la herramienta no es la indicada para el problema y el puntaje 4 significa que la herramienta es muy útil para la mejora y que además se ajusta a los criterios definidos. Luego de asignados los puntajes, se toma cada problema aquella herramienta que hay obtenido un puntaje de 3 o 4 únicamente.

Respetando los criterios definidos, se procede con la matriz de enfrentamiento. En la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11. Matriz Causas críticas vs. Herramientas Lean

Problemas identificados	5'S	Jidoka	Kaizen	Kanban	TPM	VSM	JIT	Poka Yoke	SMED	RP	TR	Resultados
Metodología de trabajo ineficiente	3	0	4	2	0	2	0	2	4	4	0	5'S, Kaizen, SMED, RP
Procesos no estandarizados.	3	0	4	2	0	2	0	1	4	4	0	5'S, Kaizen, SMED, RP
Logística de herramientas deficiente.	2	0	3	0	0	1	3	2	4	4	1	Kaizen, JIT SMED, RP

Fuente: Edición propia.

Las herramientas Kaizen, JIT y SMED pueden ser implementadas dentro de las propuestas de mejora. Sin embargo, no es posible implementar 5'S ya que uno de los gerentes de la empresa tiene como proyecto desarrollar esta metodología dentro de la empresa, así como tampoco será posible realizar una reingeniería de procesos, debido a que se necesita mayor conocimiento del proceso involucrado; además, de que por motivos de restricciones internas una reingeniería de procesos lleva muchos permisos y gestiones antes de poder ser considerado e implementado.

En base a esto y según los otros resultados obtenidos, las propuestas a analizar son las siguientes:

- Capacitar al personal en el sistema Kaizen y SMED para alinear los objetivos de las personas/proceso con los objetivos de la empresa.
- Definir la estrategia a seguir para el uso, localización y almacenamiento de las herramientas en general durante el setup a través de la metodología JIT.
- Uso de la técnica SMED para la definición de la estrategia a seguir durante la ejecución de un setup.
- Desarrollar una herramienta para la verificación y seguimiento del setup antes de iniciar con el run up.

El problema principal de la falta de método de trabajo se mejora con las propuestas de SMED en todo el sistema de trabajo, así como también la aplicación de Kaizen que va de la mano con SMED para mejorar el sistema de setup de tal forma en que el proceso genere menos costos y tiempos y la empresa sea competitiva frente al resto de competidores en el mercado.

5.2. Capacitación al personal sobre KAIZEN, SMED y objetivos de la empresa

Con los objetivos definidos que la empresa seguirá para mejorar sus indicadores de productividad, es necesario que el personal conozca y este comprometido con las aspiraciones de la empresa para lograr un resultado óptimo.

Sumado a las herramientas que la empresa desarrolla simultáneamente en los lugares de trabajo, es necesario la aplicación de una herramienta más de disciplina de trabajo, en donde cualquier proceso se realice bajo un proceso de mejora continua, para efectos de este trabajo, buscar el énfasis en el proceso de setup.

Kaizen, adopta una manera de trabajo en la cual los mecánicos de precisión están comprometidos con los lineamientos de la empresa en sentido de la productividad, ambiente laboral y la forma de trabajo individual.

Una ventaja del proceso de setup es que no se cuenta con muchas personas que realicen esta labor, por lo que la barrera cultural se hace más delgada y fácil de atravesar, para el cambio en la forma de trabajo. Los procesos de mejora están basados en el uso de SMED, así como de la gestión en logística de herramientas, materiales y recurso humano.

Estos cambios iniciales están sujetos a ser mejorados a través del tiempo, conforme vaya evolucionando la metodología de trabajo con SMED.

A continuación, en la tabla 12 se presenta el cronograma de capacitación a los mecánicos de precisión encargados de los setup's, sobre la implementación de Kaizen y SMED, así como los lineamientos que cada metodología sigue.

Tabla 12. Cronograma de capacitación a mecánicos de precisión.

Actividad	Fecha de realización - 2020						
	03/06	03/10	03/13	03/17	03/20	03/24	03/27
Reunión de apertura	X						
Introducción a SMED Parte 1		X					
Introducción a SMED Parte 2			X				
Introducción de Kaizen				X			
Aplicación de SMED y KAIZEN (Caso práctico)					X		
Capacitación sobre el empleo de SMED en un setup						X	
Segundo caso práctico enfocado en un setup de Citizen.							X

Fuente: Edición propia.

Se le debe instruir al personal sobre las metodologías de trabajo que serán implementadas a través de ejemplos expositivos de como estas herramientas ayudan en el sistema de producción de una empresa, desde el primer paso de cada manufactura la cual es el setup, con el fin de que ellos también se alineen a los objetivos planteados. Además, cabe resaltar que el factor humano es un factor trascendental para llevar a cabo con éxito cualquier tipo de implementación o mejora en un proceso.

Posteriormente se presentarán los cambios realizados en los lugares de trabajo, los cuales deben estar ordenados, identificados y sin ningún tipo de elemento que no sea necesario para la operación.

Con el personal envuelto en los objetivos generales de la empresa, se asegura un ambiente favorable para que los cambios propuestos a implementar den los resultados esperados y se pueda seguir con la metodología de trabajo bajo un enfoque de mejora continua.

5.3 Propuesta para el uso, localización y almacenamiento de las herramientas en general durante el proceso de setup

Como se pudo apreciar en el capítulo 4 de este trabajo, durante el proceso de setup se utilizan diversas herramientas, algunas propiamente de las máquinas y otras para ajustes. Siendo estas herramientas un punto crucial para el desarrollo y conclusión del setup, debido a que actualmente el 76% de las no-conformidades generadas en el área con respecto a dimensiones fuera de especificación, tienen como causa raíz el mal ajuste de herramientas y presiones en máquina.

5.3.1. Escenario actual

La empresa durante todo el tiempo que ha estado laborando, no se habían preocupado por elaborar una metodología de control de las herramientas.

Se evidencia una clara falta de interés de la empresa por el costo descontrolado que genera la compra individual de estas herramientas o la fabricación de estas cuando las pierden, cabe mencionar que no se tiene ningún indicador de costos para la compra de herramientas. Además, los mecánicos tienen la limitante que solo un set de herramientas está disponible para uso en un setup, lo que contribuye a que el tiempo de setup se incremente cuando se realizan dos setup's al mismo tiempo o cuando se pierden las herramientas.

5.3.2. Herramientas a utilizar

Para esta situación identificada como una de las principales causas raíz, se utilizarán diversos gabinetes para la clasificación de herramientas que, junto con la metodología de manufactura esbelta, JIT "Just in Time" o en su traducción al español "Justo a Tiempo" crearan el escenario idóneo para el almacenamiento, control y uso de todas las herramientas.

Esta metodología de trabajo, una vez implementada, otorga un ambiente de trabajo en donde las herramientas requeridas llegan "justo a tiempo", esto quiere decir, que las herramientas llegan poco antes de que se usen y en las cantidades necesarias, lo cual permite reducir cualquier atraso concerniente a las herramientas, además de tener un control de inventario que permite visualizar la necesidad y deficiencias del área en

cualquier momento. Por lo que, permitiría reducir los costos en la inversión en compra de herramientas pérdidas durante el día a día.

Las herramientas usadas durante el setup están segregadas en diferentes familias que interactúan entre sí, para la ejecución del setup. En la tabla 13 se muestran las familias de herramientas y la cantidad de herramientas.

Tabla 13. Familias de herramientas y cantidad de herramientas

Tipo de familia	Cantidad de herramientas
Herramientas de ajuste	10
Herramientas de maquina	10
Collets de herramientas	+100
Collets y Guide Bushing de máquina	+100
Portaherramientas y topes	+100

Fuente. Tegra Medical. Edición Propia.

5.3.3. Estrategia de control de las herramientas

Es necesario considerar que, para efectos del plan piloto de implementación, no se generara costo alguno ya que se reutilizaran gabinetes del área de reciclaje; sin embargo, si desea realizar la implementación de más gabinetes se deberá asumir el costo que los gabinetes representan en la compra de más equipo.

A continuación, se detalla la estrategia identificada para cada familia de herramientas.

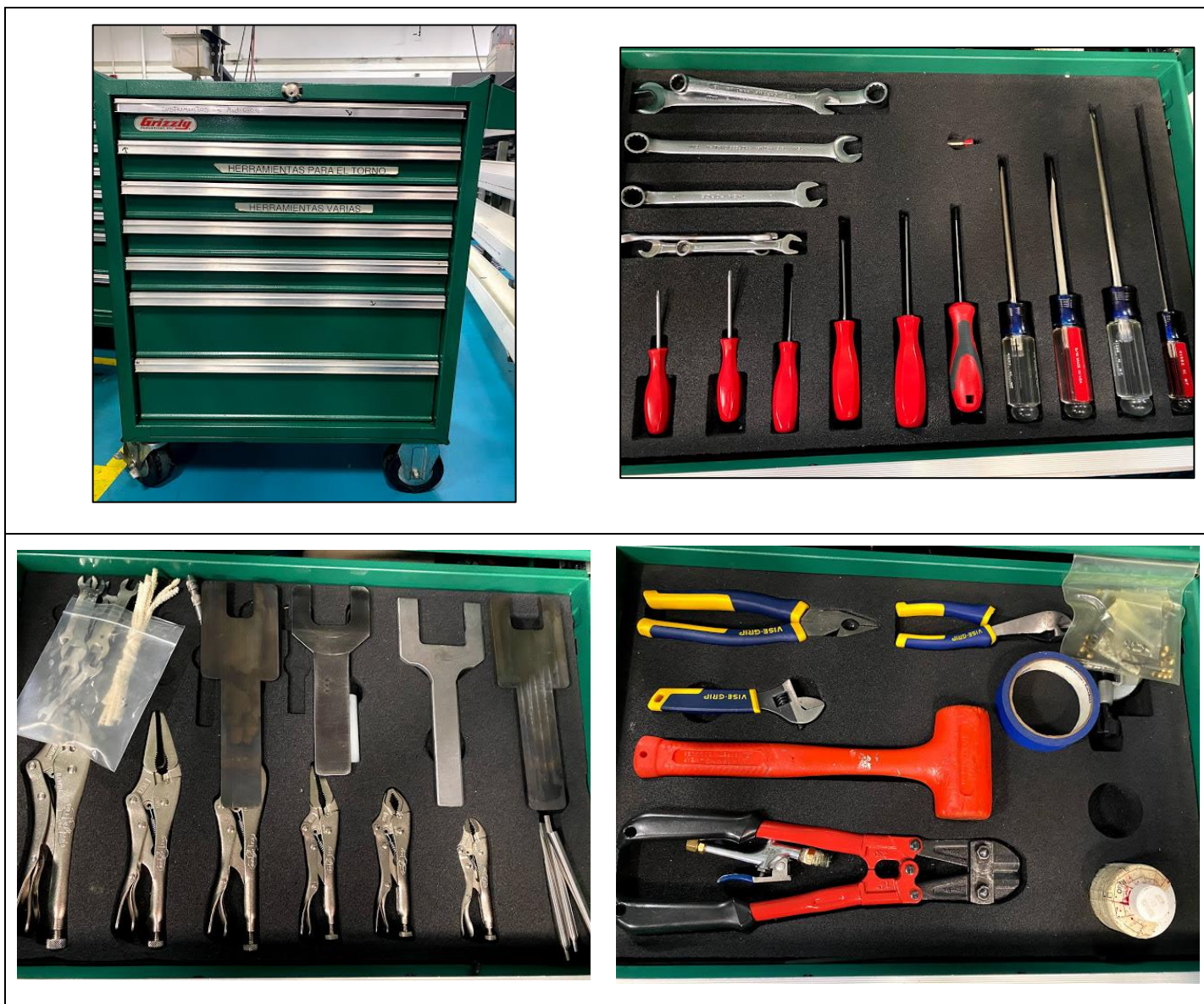
5.3.3.1. Herramientas de ajuste y herramientas de maquina

Todas las herramientas de estas dos familias interactúan en primera línea con el proceso de setup, por lo que se considera necesario tener un gabinete especial para setup's, el cual contenga una herramienta de cada familia, además de tener una herramienta de repuesto de cada familia en el inventario que maneje el gabinete en donde se localizaran las otras familias.

El gabinete denominado "Carrito de Setup's", será un gabinete con llavín de seguridad, el cual será manejado únicamente por una persona autorizada para realizar

setup, contando con una espuma de corte especial con la forma de cada herramienta que formara parte del gabinete, por lo que, si se desea implementar por completo, cada mecánico de precisión autorizado para realizar setup's tendrá un Carrito de Setup's; autorizándose como único responsable por el mantenimiento de las herramientas que el gabinete contiene.

Tabla 14. Carrito de Setup's.





Fuente. Edición propia.[Figura tomadas en Tegra Medical Costa Rica]

Con este gabinete se espera reducir al 100% el tiempo perdido en la búsqueda de herramientas durante la realización del setup, lo que contribuiría a la agilización del proceso evitando posibles retrasos. En la siguiente tabla se muestra la comparación de la situación actual y la propuesta con el uso del gabinete “Carrito de Setup’s”

Tabla 15. Evaluación de tiempos por paradas por búsqueda de herramientas.

	Actual	Propuesto
Tiempo promedio en paradas por búsqueda de herramientas	367' 55" (6.13 h)	0 h

Fuente: Edición propia.

El tiempo promedio que se tenía era de 6.13 horas que se perdían en paradas por búsqueda de herramientas. Se estima que con la aplicación de esta herramienta de trabajo el tiempo de retrasos por búsqueda de herramientas de maquina y ajuste se reduciría un 100%. La empresa al no tener un porcentaje de reducción establecido, se considera este porcentaje de reducción como ganancia, además de que los mecánicos no tendrán que hacer ninguna otra parada imprevista durante la ejecución de la operación; sin embargo, esto se evidenciara hasta validar los datos obtenidos en el plan piloto.

5.4. Propuesta para el método de Setup con la metodología SMED

El proceso de setup en el área de Citizen contiene muchas variables dependientes e independientes en donde todas son críticas para generar un setup exitoso; sin embargo, estas variables se pueden clasificar en tipos de setup, en donde de acuerdo con un orden asignado, influirían en el proceso de setup. En otras palabras, siguiendo la clasificación de la metodología SMED entre Setup Interno y Externo se puede reducir considerablemente el tiempo de setup final.

A pesar de que la empresa no cuente con un porcentaje de reducción de tiempo específico, como parte de este proyecto, se desea alcanzar el 20% de reducción de tiempo de general de setup como mínimo.

5.4.1. Escenario actual

El área de producción Citizen es una de las primeras áreas con las que comenzó operaciones Tegra Medical en Costa Rica con tan solo 2 tornos suizos. Con el paso del tiempo se ha ido adquiriendo más maquinaria por temas de demanda producción vs capacidad en maquinaria; sin embargo, nunca se ha implementado un método de setup retado con los alcances de producción y calidad de la empresa. Recientemente la gerencia de la empresa noto un aumento en la métrica del First Pass Yield de muchos productos que tienen como operación principal el proceso de Citizen; y también disminuyó el porcentaje de la métrica de Entregas a Tiempo “OTD”, en donde el proceso con más retrasos en la línea de producción es el proceso de Citizen.

Todas las métricas afectadas, se deben a que las paradas de ajuste que se realizan durante la corrida de producción de producto y a las indefinidas horas de setup.

Como se evidenció en el capítulo cuatro de este documento, el proceso de setup, no cuenta con un orden estándar establecido, lo que genera repetitividad de acciones, tiempos muertos en búsquedas de herramientas, materia prima, documentación, entre otros; y esto ocasiona un costo mayor en el pago de horas extras y un costo desproporcional en el costo operacional de un setup.

5.4.2. Uso de la técnica SMED

Como se mencionó anteriormente el proceso de setup contiene variables segregables como setup interno y setup externo, por lo que se aplicara la herramienta SMED en el proceso de setup, siguiendo la metodología de aplicación de la herramienta la cual consta de cuatro fases. Para ello se tienen que identificar las actividades realizadas con la maquina parada (setup interno) y las actividades que se hacen con la maquina en funcionamiento (setup externo). La etapa inicial, es la etapa preliminar en donde se debe identificar todas las operaciones del setup, tal como se realizó en el punto 4.3.2. de este documento, por lo que esa sección se considerara como etapa preliminar.

5.4.2.1. Primera Etapa: Separación de las actividades en Internas y Externas

Para esta primera etapa se clasificaron las actividades del setup haciendo uso de hojas de verificación y el análisis de cada una de acuerdo con las definiciones de actividades internas y externas. Cabe mencionar que la clasificación se hizo de acuerdo con como se trabaja actualmente un setup en Tegra Medical.

- Setup Interno: Actividad que requiere que la maquina se encuentre detenida.
- Setup Externo: Actividad que no requiere que la maquina se encuentre detenida.

Tabla 16. Clasificación de las actividades del setup.

#	Actividad	Setup Interno	Setup Externo
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo.	X	
2	Se mueve el material desde bodega (Segundo edificio) hasta el área de Citizen (Primer Edificio).	X	
3	Se buscan las herramientas de corte que aplican al número de parte que se va a ejecutar.	X	
4	Se buscan las herramientas de la maquina (las más importantes y/o comunes)	X	

5	Se busca la Instrucción de Trabajo para el setup del número de parte	X	
6	Se buscan los canales	X	
7	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder	X	
8	Se insertan los nuevos canales.	X	
9	Calzan los canales	-	
10	No – Se repiten las operaciones 6, 7, 8 y 9.	-	
11	Si - Se continua con la operación 12.	-	
12	Se saca el telescopio que tiene la maquina	X	
13	Se busca el telescopio para el nuevo número de parte.	X	
14	Se instala el telescopio.	X	
15	Se retira el main collet de la máquina.	X	
16	Se busca el main collet del número de parte.	X	
17	Se instala el main collet.	X	
18	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.	X	
19	Se retira el Guide Bushing	X	
20	Se busca el guide Bushing para el PN	X	
21	Se instala el nuevo guide bushing	X	
22	Se busca el back collet.del número de parte.	X	
23	Se retira el back collet que tiene la máquina.	X	
24	Se instala el back collet.	X	

25	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.	X	
26	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)	X	
27	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.	X	
28	Se procede a descargar el programa para el numero de parte de la base de datos de la empresa y se almacena en una tarjeta SD.	X	
29	Se carga el programa en el torno suizo, a través de la tarjeta SD.	X	
30	Se buscan los portaherramientas requeridos, topes, collets y tuercas requeridas. (En caso de que se necesite usar el sistema neumatico, este también se busca en este punto)	X	
31	Se ensamblan los portaherramientas con los topes y herramientas de corte (insertos), así como también los collets con tuercas y herramientas de corte con rotación.	X	
32	Se instalan las herramientas previamente ensambladas.	X	
33	Se ajusta el Guide Bushing con la barra/tubo. (materia prima)	X	
34	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.	X	
35	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.	X	
36	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la	X	

	lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc)		
37	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte	X	
38	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.	X	
39	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.	X	
40	Se procede a fabricar una pieza completa.	X	
41	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.	X	
42	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.	X	
43	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.	X	

Fuente: Edición Propia.

5.4.2.2. Segunda Etapa: Conversión de actividades Internas en Externas

Para esta segunda etapa, se realizó un análisis de las actividades, así como la entrevista con los mecánicos de precisión, para determinar las actividades potenciales que pueden pasar de setup interno a setup externo, aplicando las técnicas vistas en el capítulo dos de este documento.

A continuación, se detalla el flujo de operaciones con la segregación de operaciones realizada.

Tabla 17. Tabla de conversión de actividades Internas en Externas.

#	Actividad	Setup Interno	Setup Externo
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo.		X
2	Se mueve el material desde bodega (Segundo edificio) hasta el área de Citizen (Primer Edificio).		X
3	Se buscan las herramientas de corte que aplican al número de parte que se va a ejecutar.		X
4	Se buscan las herramientas de la maquina (las más importantes y/o comunes)		X
5	Se busca la Instrucción de Trabajo para el setup del número de parte		X
6	Se buscan los canales		X
7	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder	X	
8	Se insertan los nuevos canales.	X	
9	Calzan los canales	-	
10	No – Se repiten las operaciones 6, 7, 8 y 9.	-	
11	Si - Se continua con la operación 12.	-	
12	Se saca el telescopio que tiene la maquina	X	
13	Se busca el telescopio para el nuevo número de parte.		X
14	Se instala el telescopio.	X	
15	Se retira el main collet de la máquina.	X	
16	Se busca el main collet del número de parte.		X
17	Se instala el main collet.	X	
18	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.	X	

19	Se retira el Guide Bushing	X	
20	Se busca el guide Bushing para el PN		X
21	Se instala el nuevo guide bushing	X	
22	Se busca el back collet del número de parte.		X
23	Se retira el back collet que tiene la máquina.	X	
24	Se instala el back collet.	X	
25	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.	X	
26	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)	X	
27	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.	X	
28	Se procede a descargar el programa para el numero de parte de la base de datos de la empresa y se almacena en una tarjeta SD.		X
29	Se carga el programa en el torno suizo, a través de la tarjeta SD.		X
30	Se buscan los portaherramientas requeridos, topes, collets y tuercas requeridas. (En caso de que se necesite usar el sistema neumático, este también se busca en este punto)		X
31	Se ensamblan los portaherramientas con los topes y herramientas de corte (insertos), así como también los collets con tuercas y herramientas de corte con rotación.		X
32	Se instalan las herramientas previamente ensambladas.	X	
33	Se ajusta el Guide Bushing con la barra/tubo. (materia prima)	X	
34	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.	X	

35	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.	X	
36	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc.)	X	
37	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte	X	
38	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.	X	
39	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.	X	
40	Se procede a fabricar una pieza completa.	X	
41	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.	X	
42	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.	X	
43	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.	-	

Fuente. Edición propia.

Se pueden convertir a externas las actividades marcadas como setup externo, aplicando las técnicas descritas en la teoría:

- Todas las actividades que pasaron a ser setup externo, relacionadas a actividades de búsqueda (actividades N° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 16, 20 & 22), se pueden ejecutar antes de que termine la orden de producción que está corriendo la máquina, la misma en la que se va a realizar el setup. Este alistamiento va de la mano con el

gabinete propuesto para las herramientas de ajuste y de máquina, el cual puede tener consigo todo lo requerido, listo para ser usado una vez inicie el setup.

- Las actividades N° 28 y 29, relacionadas a la búsqueda y carga en la máquina del programa del número de parte que se va a realizar el setup, se pasan a setup externo ya que la descarga del programa se puede realizar cuando la maquina aún se encuentra produciendo la orden de trabajo por terminar y se puede cargar a la maquina cuando la maquina aún está ejecutando la orden por terminar, sin detener la máquina, ya que se carga a través de un puerto USB/SD Card.
- Las actividades N°30 y 31 también pasan a ser parte del setup externo, ya que la búsqueda de herramientas con sus respectivos collets y topes, se puede realizar antes de iniciar el setup, a su vez las herramientas se pueden ensamblar y esperar en el carrito de setup para ser instaladas en el setup, para cuando se requieran.

Finalmente, en esta etapa, se han logrado separar los setup's en internos y externos, considerando que el setup externo se puede realizar antes de iniciar con el setup interno que es en donde la maquina debe estar completamente detenida. Por lo que los setup's quedaron con la siguiente segregación.

Tabla 18. Tabla de setup externo

#	Actividad – Setup Externo
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo.
2	Se mueve el material desde bodega (Segundo edificio) hasta el área de Citizen (Primer Edificio).
3	Se buscan las herramientas de corte que aplican al número de parte que se va a ejecutar.
4	Se buscan las herramientas de la maquina (las más importantes y/o comunes)
5	Se busca la Instrucción de Trabajo para el setup del número de parte

6	Se buscan los canales
7	Se busca el telescopio para el nuevo número de parte.
8	Se busca el main collet del número de parte.
9	Se busca el guide Bushing para el PN
10	Se busca el back collet del número de parte.
11	Se procede a descargar el programa para el numero de parte de la base de datos de la empresa y se almacena en una tarjeta SD.
12	Se carga el programa en el torno suizo, a través de la tarjeta SD.
13	Se buscan los portaherramientas requeridos, topes, collets y tuercas requeridas. (En caso de que se necesite usar el sistema neumático, este también se busca en este punto)
14	Se ensamblan los portaherramientas con los topes y herramientas de corte (insertos), así como también los collets con tuercas y herramientas de corte con rotación.

Fuente: Edición propia.

Tabla 19. Tabla de setup interno.

#	Actividad – Setup Interno
1	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder
2	Se insertan los nuevos canales.
3	Se saca el telescopio que tiene la maquina
4	Se instala el telescopio.
5	Se retira el main collet de la máquina.
6	Se instala el main collet.
7	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.
8	Se retira el Guide Bushing
9	Se instala el nuevo guide bushing
10	Se retira el back collet que tiene la máquina.

11	Se instala el back collet.
12	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.
13	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)
14	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.
15	Se instalan las herramientas previamente ensambladas.
16	Se ajusta el Guide Bushing con la barra/tubo. (materia prima)
17	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.
18	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.
19	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc.)
20	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte
21	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.
22	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.
23	Se procede a fabricar una pieza completa.
24	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.
25	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.
26	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.

Fuente. Edición propia.

5.4.2.3. Tercera etapa: Reducción de tiempos de setup interno y externo con mejoras de método

En esta última etapa se tiene como objetivo reducir al mínimo el tiempo utilizado en las actividades que han quedado como internas, a continuación, se detallan las actividades que cuentan con oportunidades de mejora, en donde se aplicaran las técnicas descritas en la parte teórica del documento. Además, se reacomoda el orden de actividades de acuerdo con las recomendaciones realizadas por los mecánicos de precisión y analizadas en conjunto.

Tabla 20. Actualización del flujo de setup interno.

#	Actividad – Setup Interno	Tiempo (h)	Comentario
1	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder	22' 59"	No se puede perfeccionar más.
2	Se retira el telescopio de la maquina	12' 57"	No se puede perfeccionar más.
3	Se retira el main collet de la máquina.	2' 00"	No se puede perfeccionar más.
4	Se retira el Guide Bushing	3' 00"	No se puede perfeccionar más.
5	Se retira el back collet que tiene la máquina.	1' 59"	No se puede perfeccionar más.
6	Se insertan los nuevos canales.	47' 22"	No se puede perfeccionar más.
7	Se instala el telescopio.	3' 57"	No se puede perfeccionar más.
8	Se instala el main collet.	1' 19"	No se puede perfeccionar más.
9	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.	6' 00"	No se puede perfeccionar más.
10	Se instala el back collet.	1' 22"	No se puede perfeccionar más.

11	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.	3' 00"	No se puede perfeccionar más.
12	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)	2' 27"	No se puede perfeccionar más.
13	Se instala el nuevo guide bushing	1' 59"	No se puede perfeccionar más.
14	Se ajusta el Guide Bushing con la barra	24' 53"	No se puede perfeccionar más.
15	Se retiran las herramientas e instalan las herramientas previamente ensambladas.	126' 58"	No se puede perfeccionar más.
16	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.	201' 55"	Perfeccionar actividad.
17	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.	3' 00"	No se puede perfeccionar más.
18	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.	3' 00"	Perfeccionar actividad.
19	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc.)	12' 00"	No se puede perfeccionar más.
20	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte	72' 00"	Perfeccionar actividad.
21	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.	1' 53"	No se puede perfeccionar más.
22	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.	3' 04"	No se puede perfeccionar más.
23	Se procede a fabricar una pieza completa.	4' 12"	No se puede perfeccionar más.

24	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.	6' 00"	No se puede perfeccionar más.
25	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.	7' 53"	No se puede perfeccionar más.
26	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.	-	No se puede perfeccionar más.
Tiempo total		577' 9"	
		9.61 h	

Fuente. Edición propia.

- La actividad N°16 se puede optimizar, generando compensaciones de ajuste, con respecto al largo de exposición de las herramientas con respecto al portaherramientas. Al definir un largo de exposición específico para cada herramienta, se puede generar una compensación, la cual reduciría el tiempo en la búsqueda de la compensación manual.
- La actividad N°18 se puede optimizar al 50%, ya que las vidas útiles de las herramientas se pueden modificar, mientras se ejecuta la actividad N°23, por otra parte, para la actualización de offsets, si es necesario que la maquina se encuentre detenida.
- La actividad N°20 se puede optimizar, siguiendo una secuencia estándar del orden en que se debe ejecutar el ajuste de las herramientas, la cual seguiría la siguiente secuencia:
 1. Herramientas de la 1 a la 5.
 2. Herramientas vivas de la 6 a la 9.
 3. Herramientas del brazo al main Chuck, de la 11 a la 14.
 4. Herramientas 20's, de la 21 a la 23.
 5. Herramientas 30's. de la 31 a la 34.

Bajo este método de trabajo, regido por una estandarización de secuencia de operaciones y tiempos, regidos por la metodología de trabajo SMED, se espera reducir al menos un 20% el tiempo total del proceso de setup. En la siguiente tabla se muestra la comparación de la situación actual versus la propuesta del método de trabajo bajo la metodología SMED.

Tabla 21. Comparación de situación actual vs propuesta.

	Actual	Propuesta
Tiempo de duración de setup. (h)	16.34 h	9.61 h
Costo de Mecánico de precisión por hora	₪ 3,100.00	₪ 3,100.00
Costo añadido por beneficio de la empresa (rige por jornada 2h * ₪3100)	₪ 6,200.00 x 2 jornadas	₪ 6,200.00
Total	₪ 63,050.00	₪ 35,991.00

Fuente: Edición propia.

Basado en la tabla anterior se puede decir que con el método propuesto hay una reducción teórica de 6.73 horas en la duración del setup y una reducción del 50% en el costo añadido por beneficio de la empresa, lo cual representa un ahorro teórico de ₪27,059.00. Por lo que este ahorro teórico calculado representaría un ahorro para la compañía de: (Ver tabla 22)

Tabla 22. Cálculo de ahorro teórico mensual y anual.

Descripción	Tiempo (h)	₡
Ahorro mensual		
Tiempo reducido	6.73	₡ 20,863.00
Promedio mensual de setup	7	
Total, de ahorro mensual	47.11	₡ 146,041.00
Ahorro anual		
Ahorro mensual	47.11	₡ 146,041.00
Equivalencia de 1 año en meses	12	
Total, de ahorro anual	565.32	₡ 1,752,492.00

Fuente: Edición propia.

5.5. Propuesta de herramienta para la verificación y seguimiento del setup y run up

Una de las causas contribuyentes a la causa raíz del problema encontrado, es la ausencia de una herramienta que sirva como emisora y receptora del estado del setup entre dos turnos diferentes, esto quiere decir, entre el mecánico que del turno A, quien inicio el setup y su relevo del turno B.

5.5.1. Herramienta a utilizar

Para esta situación identificada como una causa contribuyente a la causa raíz, se utilizará la herramienta “Hoja de Verificación” (Checklist) creando un control en los diferentes setup y entre dos o más mecánicos de precisión que trabajen en un mismo setup.

Esta metodología de trabajo, una vez implementada, otorga una mejor organización en el ambiente de trabajo, generando mayor confianza en los relevos de setup, además de servir como guía para la realización de tareas de acuerdo con el flujo de operaciones planteado en el punto 5.4 de este documento.

Es necesario destacar que la implementación de estas hojas de verificación no genere ningún costo a la compañía, ya que el costo de las hojas de papel y tinta de impresión se cubre con el presupuesto de suministros, el cual no es controlado.

5.5.1.1 Hoja de verificación para Setup Interno

A continuación, se presenta la hoja de verificación para la realización de setup interno, el cual será ejecutado por el mecánico de precisión cuando se inicie con el setup. Es importante mencionar que para que esta hoja de verificación se ejecute, la hoja de verificación de setup externo deberá estar completo.

La logística de esta hoja de verificación es únicamente ir completando las operaciones en la secuencia que aparecen, si pasa algo importante durante la ejecución de alguna tarea, se podrá documentar en el área de comentarios, así mismo, se debe documentar en el área de comentarios hasta cual operación se llegó, en caso de que suceda algún relevo.

Tabla 23. Hoja de verificación Setup Interno

Hoja de verificación para setup interno				
Job:	Part #:	Máquina #:	WI:	
Mecánico de Precisión:			CR-WI-	
Actividad		Realizado	Firma	Fecha
1	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder			
2	Se retira el telescopio de la maquina			
3	Se retira el main collet de la máquina.			
4	Se retira el Guide Bushing			
5	Se retira el back collet que tiene la máquina.			
6	Se insertan los nuevos canales.			
7	Se instala el telescopio.			
8	Se instala el main collet.			
9	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.			
10	Se instala el back collet.			
11	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.			
12	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)			
13	Se instala el nuevo guide bushing			
14	Se ajusta el Guide Bushing con la barra			
15	Se retiran las herramientas e instalan las herramientas previamente ensambladas.			
16	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.			
17	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.			
18	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.			

19	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc.)			
20	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte			
21	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.			
22	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.			
23	Se procede a fabricar una pieza completa.			
24	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.			
25	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.			
26	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.			

Comentarios: _____

5.5.1.2. Hoja de verificación para Setup Externo

A continuación, se presenta la hoja de verificación para la realización de setup externo, el cual será ejecutado por el líder del área y recibido por el mecánico de precisión cuando se inicie con el setup. Es importante mencionar que cuando se le entregan todas las herramientas al mecánico de precisión, este debe revisar que vaya todo lo que se marca en la hoja de verificación y firmar el recibido; así como también el Líder del área deberá revisar que se le esté entregando todo lo demarcado en la hoja de verificación cuando se le entregue la herramienta que se está retirando del torno.

La logística de esta hoja de verificación es únicamente ir completando con un check las herramientas que se van colocando en el carrito de setup, una vez completa, entregarle el carrito de setup al mecánico de precisión para que inicie el setup. El setup externo se debe hacer antes de que acabe la corrida de producción del lote en la maquina donde se realizara el setup.

Tabla 24. Hoja de verificación para setup externo.

Hoja de verificación para setup externo			
Job:	Part #:	Máquina #:	Entrega / Devolución
Mecánico de Precisión:			
1	Job		
2	Material (barras / tubos / agujas)		
3	Herramientas de corte		
4	Carrito de Setup del Mecánico a realizar el setup		
5	Instrucción de Trabajo CR-WI-		
6	Canales		
7	Telescopio		
8	Main Collet		
9	Guide Bushing		
10	Back Collet		
11	Programa en SD Card/USB		
12	Topes, collets y portaherramientas		
13	Se ensamblan las herramientas con sus respectivos portaherramientas.		

Firma quien entrega _____

Firma quien recibe _____

5.6. Aplicación de las Propuestas para pruebas piloto

Se realizó un cronograma de actividades en las cuales se proyectó realizar dos corridas de producción con la implementación de las propuestas realizadas como pruebas piloto; esto con la finalidad de hacer conocimiento de los pasos a seguir establecidos a la empresa. (Ver tabla 25)

Tabla 25. Cronograma de pruebas piloto.

#	Actividades	Semanas																
		Mar -20				Abr - 20					May - 20				Jun - 20			
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Diagnóstico																	
2	Creación y capacitación al equipo																	
3	Análisis del método de trabajo actual																	
4	Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el método actual.																	
5	Reunión del equipo de trabajo para determinar mejoras en el método actual.																	
6	Clasificar y transformar operaciones internas en externas.																	
7	Optimización de operaciones internas.																	
8	Creación de hojas de verificación para setups internos y externos.																	
9	Implementación de cambios (Carrito de setups, verificación, metodología de setup y otros gabinetes)																	
10	Se realizan corridas de producción (2) – prueba piloto																	
11	Se recopilan y analizan los datos.																	
12	Reunión para conocer los resultados con la gerencia.																	

Fuente. Edición propia.

5.6.1. Análisis de las pruebas piloto

Las dos corridas de producción programadas para trabajar bajo la propuesta del nuevo método de trabajo concluyeron con éxito, dejando como resultado los siguientes datos.

Tiempos

Tabla 26. Resultado de tiempos.

#	Actividad – Setup Interno	1 Lote	2 Lote	Promedio
1	Se retiran los canales que actualmente tiene el barfeeder	21.00 min	21.60 min	21.30 min
2	Se retira el telescopio de la maquina	10.98 min	9.00 min	9.96 min
3	Se retira el main collet de la máquina.	1.98 min	1.68 min	1.80 min
4	Se retira el Guide Bushing	2.82 min	3.36 min	3.06 min
5	Se retira el back collet que tiene la máquina.	1.80 min	1.62 min	1.68 min
6	Se insertan los nuevos canales.	42.00 min	45.00 min	43.5 min
7	Se instala el telescopio.	3.48 min	3.96 min	3.72 min
8	Se instala el main collet.	1.32 min	1.26 min	1.29 min
9	Se ajusta la presión de cierre del main collet usando un pedazo de material o un pin.	3.96 min	5.16 min	4.56 min
10	Se instala el back collet.	1.26 min	1.44 min	1.35 min
11	Se ajusta el back collet con ayuda de un pin con el diámetro final del número de parte.	3.00 min	2.46 min	2.73 min
12	Se carga una barra/tubo en el barfeeder. (materia prima)	2.46 min	3.00 min	2.73 min
13	Se instala el nuevo guide bushing	1.80 min	1.98 min	1.89 min
14	Se ajusta el Guide Bushing con la barra	12.00 min	18.00 min	15.00 min

15	Se retiran las herramientas e instalan las herramientas previamente ensambladas.	112.98 min	105.96 min	109.47 min
16	Se realiza la referenciación del cero de cada herramienta con respecto a la barra.	190.98 min	193.98 min	192.48 min
17	Se introducen los parámetros de fuerza, presión y largo de remanente en el barfeeder.	1.98 min	2.58 min	2.28 min
18	Se procede a colocar todas las vidas útiles de las herramientas en cero, al igual que los offsets.	3.00 min	3.12 min	3.06 min
19	Se procede a correr el programa bajo la opción ciclo por ciclo. Esto quiere decir que hay que presionar start para que la maquina genere la lectura de cada línea del programa. (movimiento, corte, posicionamiento, etc)	12.00 min	12.00 min	12.00 min
20	Se ajustan las herramientas con respecto a las dimensiones del dibujo del número de parte	61.98 min	73.98 min	67.98 min
21	Una vez que todas las dimensiones están dentro de tolerancias, se procede a realizar la limpieza de línea de la operación Citizen.	1.50 min	3.00 min	2.25 min
22	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que realice la verificación de la limpieza de línea.	3.00 min	0.96 min	1.98 min

23	Se procede a fabricar una pieza completa.	3.96 min	3.96 min	3.96 min
24	Se inspecciona completamente la pieza fabricada.	4.50 min	5.22 min	4.86 min
25	Se busca al líder del área para realizar la verificación de las mediciones de la primera pieza, remidiendo la misma.	6.00 min	4.20 min	5.10 min
26	Una vez la verificación de la primera pieza quedo aprobada, se da por concluido el setup.	-	-	-
Tiempo total general				519.99 min
				8.66 h

Fuente. Edición propia.

Comparación actual vs resultado de prueba piloto de la propuesta

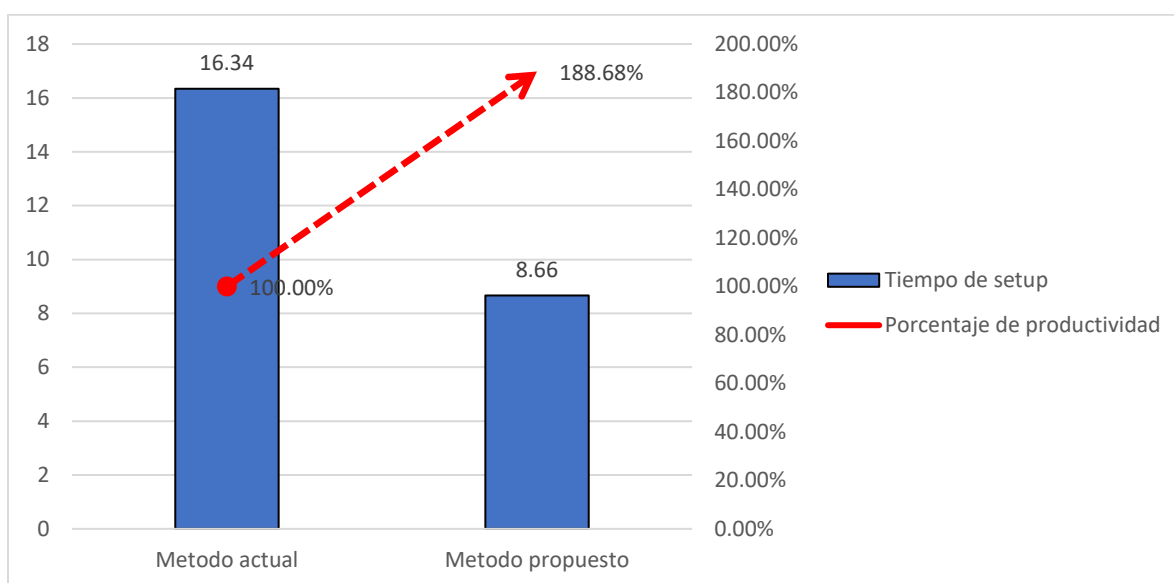
Tabla 27. Comparación de situación actual vs resultado de prueba piloto de la propuesta.

Descripción	Actual	Prueba Piloto
Tiempo de duración de setup. (h)	16.34	8.66
Costo de Mecánico de precisión por hora	₡ 3,100.00	₡ 3,100.00
Costo añadido por beneficio de la empresa (rige por turno 2h * ₡3,100.00)	₡ 12,400.00	₡ 6,200.00
Total	₡ 63,054.00	₡ 33,046.00

Fuente: Edición propia.

Basado en la tabla anterior se puede decir que, con la aplicación del método propuesto efectuada en las pruebas piloto, se logra comprobar una reducción de 7.68 horas en la duración del setup, lo cual representa una diferencia de ₡30,008.00. Esto representa una disminución considerable de tiempo operacional operativo además de un crecimiento significativo de %188.68 en la productividad del proceso.

Figura 15. Comparación de los porcentajes de productividad del método actual contra el método propuesto.



Fuente: Edición propia.

5.7. Evaluación del impacto económico de la propuesta

Para realizar la evaluación económica de la propuesta se deben conocer primero los costos asociados a la implementación, sin embargo; para efectos de este trabajo de investigación, únicamente se contemplará el costo de operación del personal para determinar la rentabilidad de la propuesta, ya que la empresa no lleva un análisis de costos de los procesos.

Luego, se cuantificará el ahorro anual generado, a partir de la diferencia en el tiempo de cambio de método de setup antes y después de la implementación. Con estos datos y a través de los indicadores VAN y TIR, se conocerá si la propuesta es rentable o no.

5.7.1. Costo de personal

Como se había descrito en el capítulo cuatro (4), por temas de confidencialidad con la empresa no se conoce el costo específico de cada mecánico de precisión que ejecuta setup, sin embargo; para efectos de este estudio se trabaja con un data ficticio semejante a la realidad.

Tabla 28. Costo de horas hombre.

Puesto	Salario por hora	Horas / día	Costo día
Mecánico de Precisión	₪ 3,100.00	8	₪24,800.00
Líder de producción	₪ 3,500.00	8	₪28,000.00
Supervisor de Producción	₪ 5,000.00	10	₪50,000.00
Gerente	₪ 8,000.00	10	₪80,000.00

Fuente: Edición propia.

5.7.2. Costos de implementación

En los costos necesarios para la implementación, se considerará una reunión trimestral con el equipo SMED de una hora para conocer los resultados obtenidos durante el trimestre, además; se considerará una capacitación semestral de una hora a todos los involucrados del equipo SMED, para refrescar la metodología de trabajo y discutir sobre posibles oportunidades de mejora detectadas en el semestre.

Los materiales necesarios para ejecutar la propuesta se vieron en secciones atrás, sin embargo, cabe resaltar nuevamente que los gabinetes fueron recuperados del área de reciclaje por lo cual no generaron ningún costo, así como tampoco las herramientas generaron costo alguno ya que únicamente se reubicaron al carrito de setup.

Por otro lado, también se considerará el tiempo que el líder de producción invierte en el setup externo, estimado en 2 horas máximo para su conclusión.

Todo lo anterior se detalla en la tabla 29.

Tabla 29. Detalle de costos de implementación anual.

	Descripción	Cant.	Freq.	Fac.	Costo U./h	Total
Capacitación (2 h)	Mecánico de Precisión	4	Semanal	3.5	₺ 3,100.00	₺ 86,800.00
	Líder de producción	1	Semanal	3.5	₺ 3,500.00	₺ 24,500.00
	Supervisor de producción	1	Una vez	0.5	₺ 5,000.00	₺ 5,000.00
Materiales y utensilios	Gabinetes **	2	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Carrito para setup	1	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Herramientas (general) **	20	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Bases para collets y Guide bushings**	8	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Hojas**	-	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
Monitoreo de la ejecución SMED (1 h)	Líder de producción	1	Mensual	12	₺ 3,500.00	₺ 42,000.00
Setup Externo (1 h) – 7 setups /mes en promedio	Líder de producción	1	Semanal	84	₺ 3,500.00	₺ 294,000.00
Reunión para resultados de la implementación de SMED (2 h)	Mecánico de Precisión	4	Una vez	1	₺ 3,100.00	₺ 12,400.00
	Líder de producción	1	Una vez	1	₺ 3,500.00	₺ 3,500.00
	Supervisor de producción	1	Una vez	1	₺ 5,000.00	₺ 5,000.00
	Gerente de Manufactura	1	Una vez	1	₺ 8,000.00	₺ 8,000.00
	Gerente de ingeniería	1	Una vez	1	₺ 8,000.00	₺ 8,000.00
Reunión de seguimiento de SMED (1 h)	Mecánico de Precisión	4	Trimestral	4	₺ 3,100.00	₺ 49,600.00
	Líder de producción	1	Trimestral	4	₺ 3,500.00	₺ 14,000.00
Refrescamiento de SMED y busca de mejora continua (1 h)	Mecánico de Precisión	4	Semestral	2	₺ 3,100.00	₺ 24,800.00
	Líder de producción	1	Semestral	2	₺ 3,500.00	₺ 7,000.00
	Supervisor de producción	1	Semestral	2	₺ 5,000.00	₺ 10,000.00
Costo Total						₺ 594,600.00

Fuente: Edición propia.

Los costos con ** en la descripción, son cubiertos por el presupuesto general de producción.

5.7.3. Ahorro generado por la implementación

El ahorro se calcula considerando el nuevo tiempo de setup bajo el formato de la metodología SMED aplicado en la propuesta de método para la realización de un setup, considerando únicamente el setup interno que es cuando la maquina se encuentra detenida generando 0 producto/dinero. Del plan piloto se pudo obtener un tiempo promedio de setup de 8.66 horas; en comparación con el tiempo actual aproximado calculado en el capítulo cuatro de 16.34 horas, se produce un ahorro de 7.68 horas en cada setup realizado, como se ejemplifica en la siguiente tabla.

Tabla 30. Resumen del tiempo de setup

Actividad	Tiempo (h)
Tiempo de setup con método regular	16.34
Tiempo de setup con propuesta de metodología SMED aplicada	8.66
Reducción de tiempo	7.68

Fuente: Edición propia.

Con los datos del cuadro anterior, se procede a realizar el cálculo del ahorro mensual y anual de la propuesta realizada. Primero se calcula la cantidad de horas de setup mensuales de acuerdo con el promedio de siete setup's mensuales por la cantidad de horas promedio del setup con la metodología de trabajo propuesta, a lo que se obtiene que la cantidad de horas de setup mensual es 60.62, esta cantidad se multiplica por el costo de mano de obra (mecánico de precisión) para tener el margen monetario mensual. Esta cantidad se multiplica por 12, lo que representa los 12 meses de un año; lo que resulta el costo operacional anual.

Luego se procede a realizar el mismo calculo, pero con la cantidad de horas que representa un setup con la metodología actual.

Por último, para calcular el ahorro anual, al costo operacional del método de setup actúa se le resta el costo operacional del método propuesto, a lo que finalmente se obtiene un monto de ₡ 1,999,872.00.

Tabla 31. Cálculo de horas de setup anual.

	Tiempo setup \bar{X} (h)	\bar{X} Setup mensuales	Total de horas mensuales	Cantidad de meses en 1 año	Total de horas anuales
Método actual	16.34	7	114.38	12	1,372.56
Método propuesto	8.66	7	60.62	12	727.44
Diferencia					645.12

Fuente: Edición propia.

Tabla 32. Cálculo del ahorro con la metodología propuesta.

Descripción de Costo	Cantidad
Costo operacional anual (método actual)	₴ 4,254,936.00
Costo operacional anual (método propuesto)	₴ 2,255,064.00
Total ahorro Anual	₴ 1,999,872.00

Fuente: Edición propia.

5.7.4. Flujo de caja

En la tabla 33 se puede apreciar cómo se desarrolla el flujo de caja lo largo de 4 años después de haberse implementado la propuesta, se considera en los ingresos totales el ahorro calculado por año; en los costos para el año de implementación, denominado como año 0 se ha considerado el costo total de la tabla 33 y a partir del año 1 se considera solo los costos de monitoreo de la ejecución de SMED, setup externo, reunión trimestral para seguimiento de SMED y refrescamiento semestral de SMED. Tomando como premisa una tasa de descuento (COK) del 20% propuesto por la empresa, se calculan los indicadores económicos VAN y TIR que ayudaran con la toma de decisiones para la propuesta del presente estudio.

Tabla 33. Flujo de caja y cálculo del VAN y TIR.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos					
Total Ingresos	₡ -	₡ 1,999,872.00	₡ 1,999,872.00	₡ 1,999,872.00	₡ 1,999,872.00
Egresos					
Total egresos	-₡ 594,600.00	-₡ 441,400.00	-₡ 441,400.00	-₡ 441,400.00	-₡ 441,400.00
Flujo de efectivo	-₡ 594,600.00	₡ 1,558,472.00	₡ 1,558,472.00	₡ 1,558,472.00	₡ 1,558,472.00
Tasa de descuento (COK)	20%				
VAN	₡ 2,271,958.62	Mayor que cero → Aceptar la propuesta			
TIR	32%	Mayor que COK → Aceptar la propuesta			

Fuente: Edición propia.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Como parte de la metodología SMED se analizó el flujo de proceso que presenta el método actual de setup, en donde se comprueba que el proceso actual cuenta con 14 operaciones de 39 que se pueden convertir en setup externo, esto quiere decir, que son operaciones que se pueden realizar con la maquina en funcionamiento, mientras se procesa la última orden antes de iniciar el setup, esto dado a que en su mayoría son operaciones de búsqueda de herramientas las cuales no necesitan la maquina detenida para su ejecución. El tiempo que representan estos paros u oportunidades de mejora, es equivalente a 6.13 horas por setup lo que representa un costo operacional (mano de obra) de ₡19,003.00 por setup realizado o ₡1,596,252.00 anuales.
- El presente trabajo ha demostrado que se puede reducir el tiempo de setup de 16.34 horas a 8.66 horas, a pesar de no caer en un minuto singular como lo plantea la teoría de la metodología SMED, queda en evidencia la reducción significativa de tiempo inherente al trabajo realizado con la metodología SMED. Además, se evidencia que con el método propuesto hay una reducción de tiempo de un 47%, superando la expectativa planteada por la empresa (20%).
- Para la metodología propuesta, se consideraron hojas de chequeo para el setup interno y el setup externo, de los cuales mediante las corridas piloto se determina que esta herramienta de control es de las más adecuadas para este proceso en específico, ya que logra dar un rastreo acertado del estado de todo lo que se requiere para el setup en general, además de ser un medio de comunicación entre el mecánico de turno 1 y turno 2 cuando hay relevos de personal y por ultimo genera un mejor control en la devolución de las herramientas que se retiran de la máquina y se tienen que devolver a los gabinetes de setup.
- Luego de evaluar los datos obtenidos en las corridas piloto y teniendo como base el análisis inicial, se evidencia que pequeños cambios en el proceso generan grandes resultados, ya que solo el hecho de segregar las operaciones como internas y externas, tener todo el equipo necesario en el momento requerido y brindar una óptima capacitación al personal, logra un ahorro anual significativo en el tiempo y costo de los setup's. Dicho lo anterior, se concluye que generando

pequeños cambios en el método actual se puede generar un ahorro anual de 645.12 horas o su equivalencia monetaria $\text{C}\$1,999,872.00$. Además de aumentar la capacidad de trabajo de las máquinas, ya que se pudo comprobar que la propuesta realizada aumentó la productividad del proceso de setup en un 88.68% con respecto al método de setup actual, esto quiere decir que el método propuesto alcanza un %188.68 de productividad con respecto al método actual.

- Luego de realizar la evaluación del impacto económico se concluye que la propuesta planteada de aplicar un nuevo método de trabajo en la ejecución del proceso de setup bajo la metodología SMED, es rentable y viable en un corto periodo, ya que los indicadores VAN y TIR cumplen con los criterios de aceptación establecidos. El VAN = $\text{C}\$2,271,958.62$ es positivo mayor a 0 y el TIR = 32% es mayor que la tasa de rendimiento esperado (COK).

6.2. Recomendaciones

- El personal que interviene directamente en el proceso de setup en la operación de trabajo Citizen son los mecánicos de precisión, por lo tanto, se les debe capacitar conjuntamente acerca del trabajo en equipo, su importancia y como esto influye y contribuye a lograr objetivos que se planteen.
- Para lograr que la propuesta de implementación SMED cumpla con su objetivo, se debe concientizar en el tema a todo el personal que labora en el departamento Citizen, además de reforzar constantemente los objetivos propuestos para la realización de la nueva forma de trabajo, hasta lograr formar un hábito en todos los colaboradores de manera que cuando se tenga personal nuevo, se pueda transmitir los conocimientos adquiridos de una forma más eficiente.
- Se recomienda mantener todas las herramientas realizadas como documentos controlados por el sistema de calidad para que los mismos puedan ser trazables y realizables sin ninguna restricción, además de seguir los principios de buenas prácticas de documentación y buenas prácticas de manufactura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Consultada

Hernandez, R.; Fernandez, R.; Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico. Editorial McGraw-Hill Interamericana.

Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (3ra ed), (2006). Venezuela, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Shingo, Shigeo. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Japon. Japan Management Association.

Sapag, N.; Sapag, R.; Sapag, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6ta ed.), Mexico, Editorial McGraw-Hill Interamericana.

Tegra Medical. (2020). *Ilustración del edificio CR1 Tegra Medical*. [Figura]. Recuperado de www.tegramedical.com

Garza R., Rosario (2016). Ilustración de procedimiento basado en la metodología DMAIC [Figura]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

Render, Barry; Heizer, Jay. (2009). Ilustración de diagrama de Gantt [Figura]. Recuperado de <https://www.ceupe.com/blog/diagrama-de-gantt.html>

Citada

Garcia, J.L; Maldonado, M.; Cortes, G. (2014). *Lean Manufacturing in the Developing World*. Editorial Springer Verlag.

Reyes, Octavio; et al (2014). *Metodología de la Investigación para Cursos en Línea*. México, Universidad Celaya.

Cabrera, Rafael. (2014). *Manual de Lean Manufacturing: TPS Americanizado: Manual de Manufactura Esbelta*.

Meyers, Fred. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Segunda edición. Mexico D.F. Pearson Educación.

UNIT (2009). *Herramientas para la Mejora de la Calidad*. Uruguay.

Solé, Roberto. (2011). *Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y realidades.*, Ciencias económicas, UCR, Costa Rica.

Sapag, Nassir. (2011). *Proyectos de Inversión. Formulación y evaluación*, 2da edición, Pearson Education, Chile.

Shingo, Shigeo. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System.* Japon. Japan Management Association.

Shingo, Shigeo. (1993). *Una revolución en la producción: El sistema SMED.* 3ra Ed. TGP Tecnologías de Gerencia y Producción S.A.

Goodstein, Leonard D.; et al (2005). *Planeacion Estrategica Aplicada*, USA, Editorial McGraw-Hill Companies.

Besterfiel, Dale. (2009). *Control de Calidad.* (8va Ed.). México, Editorial Pearson Education, Inc.

Webgrafia

Duque, Juan (2012). *Proceso de Diseño en Ingeniería.* Recuperado de Slideshare, domingo 12 de abril 2020. Leído a las 3:58 pm. <http://es.slideshare.net/jsduque/proceso-de-diseo-en-ingeniera>

Vorne Industries Inc. (2019). *SMED (Single-Minute Exchange of Die).* Recuperado de Lean Production by Vorne, viernes 28 de agosto 2020. Leído a las 2:33 pm. <https://www.leanproduction.com/smed.html>

ANEXOS

Anexo #1 – Temario de capacitación

Actividad	Fecha	Contenido	Status
Reunión de apertura	3/6/2020	<ul style="list-style-type: none"> * Objetivos de la capacitación * Objetivos del trabajo de investigación * Presentación de la línea de tiempo del proyecto 	Listo
Introducción a SMED Parte 1	3/10/2020	<ul style="list-style-type: none"> * Que es SMED? * Quien lo creó? * Como se creó? * Casos de éxito 	Listo
Introducción a SMED Parte 2	3/13/2020	<ul style="list-style-type: none"> * Etapas de SMED * Aplicación de SMED a los Setups * Definición de Setup Interno, Externo y Run up 	Listo
Introducción de Kaizen	3/17/2020	<ul style="list-style-type: none"> * Que es KAIZEN? * Como se desarrolla KAIZEN 	Listo
Aplicación de SMED y KAIZEN (Caso práctico)	3/20/2020	* Caso practico con origamis sin SMED y con SMED	Listo
Capacitación sobre el empleo de SMED en un setup	3/24/2020	* Flujo de Proceso de setup dividido en setup interno y externo	Listo
Segundo caso practico enfocado en un setup de Citizen	3/27/2020	* Caso practico en la maquina con variables independientes en el proceso	Listo

Anexo #2 – Minutas

Fecha (s): 03/06/20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Ricardo Castro, Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero y Juan Chavarria.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a
<u>Agenda:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reunión de apertura. <ol style="list-style-type: none"> a. Objetivos de la capacitación b. Objetivos del trabajo de investigacion c. Presentacion del timeline. 		Luis F.
<u>Tareas:</u> N/A		N/A

Fecha (s): 03/10/20, 03/13/20, 03/17/20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	03/10/20 Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero y Juan Chavarria. 03/13/20 Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero y Juan Chavarria. 03/17/20 Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero y Juan Chavarria.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a
Agenda: <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a SMED parte 1 (03/10/20) <ol style="list-style-type: none"> a. ¿Qué es SMED? b. ¿Quién lo creo? c. ¿Como se creó? d. Casos de éxito. 2. Introducción a SMED parte 2 (03/13/20) <ol style="list-style-type: none"> a. Etapas de SMED b. Aplicación de SMED a setups c. Definición de Setup Interno, Externo y Run up 3. Introducción de KAIZEN <ol style="list-style-type: none"> a. ¿Qué es KAIZEN? b. ¿Como se desarrolla KAIZEN? 		Luis F.
Tareas: N/A		N/A

Fecha (s): 03/20/20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a
Agenda: 1. Caso práctico enfocado a SMED y KAIZEN		Luis F.
Desarrollo: Cada uno realiza una figura de origami sin instrucciones Resultado: Al 4:18 min – se rindieron Los tres en conjunto realizan una línea de producción en donde el objetivo es construir tres figuras de Origami, para esto ya se establecieron las operaciones de setup interno y setup externo. (SMED) Al minuto 4:12 terminan la primera figura Al minuto 5:25 terminan la segunda figura Al minuto 6:51 terminan la tercera figura. Ahora, se define un procedimiento estándar basados en el setup interno y externo. El objetivo es realizar 2 figuras de dos modelos diferentes. (KAIZEN y SMED) 4 productos (2 modelos): 3:54 min		Equipo
Tareas: N/A		N/A

Fecha (s): 03/24/20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a
<u>Agenda:</u> 1. Capacitacion sobre el empleo de SMED en un setup * Flujo de proceso de setup dividido en setup interno y externo		Luis F.
<u>Tareas:</u> N/A		N/A

Fecha (s): 03/27/20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a
Agenda: 1. Caso práctico enfocado en un setup		Luis F.
Desarrollo: Se realizan búsqueda de herramientas, empleando un checklist. Se realizan ensambles de herramientas como setup externo y luego se incorporan a la maquina como setup interno. Se realizan devoluciones efectivas. Se ejemplifica una búsqueda de herramientas eficiente		Equipo
Tareas: N/A		N/A

Fecha (s): 04-07-20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Juan Chavarria, Alex Rojas, Christopher Ramírez y Diego Montero.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a / Fecha
Agenda: <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de la Instrucción de trabajo. 2. Quiénes realizan setup 3. Flujo de operaciones del setup 4. Herramientas necesarias 		Luis F.
Instrucción de trabajo Entrenamiento en setup (No hay orden específico de cómo se realiza el setup). Personas que realizan setup: Turno A: Christopher Ramirez, Alex Rojas. Turno B: Juan Chavarria, Diego Montero Turno C: Esteban Guevara. (soporte cuando se requiere) Flujo de operaciones: No hay un flujo establecido, cada técnico realiza la operación a como considere mejor. Herramientas necesarias: * Herramientas incompletas, por que alguien las esconde o las piden prestadas y no las devuelven. * Collets, guide bushings, etc: No tienen identificación y hay que buscar entre el montón que hay, el que se ocupa para el setup. Herramientas para setup por PN: * Bolsas para herramientas no están completas * Canales no calzan, largo de los canales. (Bar feeder diferentes) no hay control con los canales. * Insertos se piden durante el setup. * Bodega guarda herramientas y generan retrasos. * Herramientas y fingers no tienen identificación y generan retrasos en su búsqueda.		N/A
Tareas: <ol style="list-style-type: none"> 1. Enlistar las herramientas que se utilicen durante el setup. 2. Traer ruteo de como realicen setup. 3. Crear estrategia de control y propuesta mejora para el proceso de setup. 4. Revisar WI con posibles puntos de mejora. 		Juan C. Juan C / Alex R. Christopher / Diego M. Luis Flores Luis Flores

Fecha (s): 04-14-20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Alex Rojas, Christopher Ramírez y Diego Montero.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a / Fecha
<u>Agenda:</u>		
1. Revisión de los flujos de procesos.		Luis F.
<ul style="list-style-type: none"> • Se revisan los flujos de procesos (3), hay mucha diferencia entre ellos. • Se define el ruteo del setup mediante el juicio de expertos. 		Equipo.
<u>Tareas:</u>		
1. Traer lista de deficiencias de cada operación del setup y posibles mejoras.		Equipo

Fecha (s): 04-17-20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero y Juan Chavarria.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a / Fecha
Agenda:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición de las deficiencias. 2. Lluvia de ideas para posibles soluciones 3. Revisión del ruteo propuesto. 		Luis F.
Deficiencias: * Falta de experiencia por comprensión del equipo. * Orden en canales - No están identificados por modelos, ni por máquina, juegos de canales incompletos, algunos están cortados. * No hay paquetes para todos los números de parte o cuando dos números de parte se van a procesar y no hay dos piezas. * No se sabe si ya se hicieron todas las operaciones o en donde quedo el técnico anterior. * Mueble con collets, guide bushings, etc, es un desastre. * Identificación en general. Lluvia de ideas * Se realiza lluvia de ideas con información reelevante. Revisión del ruteo propuesto * Ruteo aceptado.		Equipo.
Tareas:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear propuestas para solucionar las deficiencias. 2. Generar y analizar un Ishikawa y un diagrama de Pareto. 		Luis Flores Luis Flores

Fecha (s): 04-21-20		Tegra Medical Costa Rica
Host	Luis Flores	
Asistentes	Alex Rojas, Christopher Ramírez, Diego Montero.	
Propósito	Tesina Propuesta de mejora	
Actividad		Asignado a
Agenda:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentacion de los diagramas 2. Presentacion de posibles soluciones. 		Luis F.
Diagramas: * Aprobados. Posibles soluciones * Se plantea usar un carro específico para setups. * Se plantea crear bases para acomodar los collets y Guide Bushings. * Se plantea ambientar un gabinete específicamente para las herramientas del setup.		Equipo.
Tareas:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Organizar el carro verde propuesto y llenarlo con las herramientas de maquina y de ajuste. 2. Limpiar el gabinete gris para incluir herramientas de setup. 3. Mandar a fabricar bases para Guide Bushings y Collets. 4. Clasificar las operaciones en externas e internas. 		Chris y Diego Chris y Diego Luis Flores Luis Flores

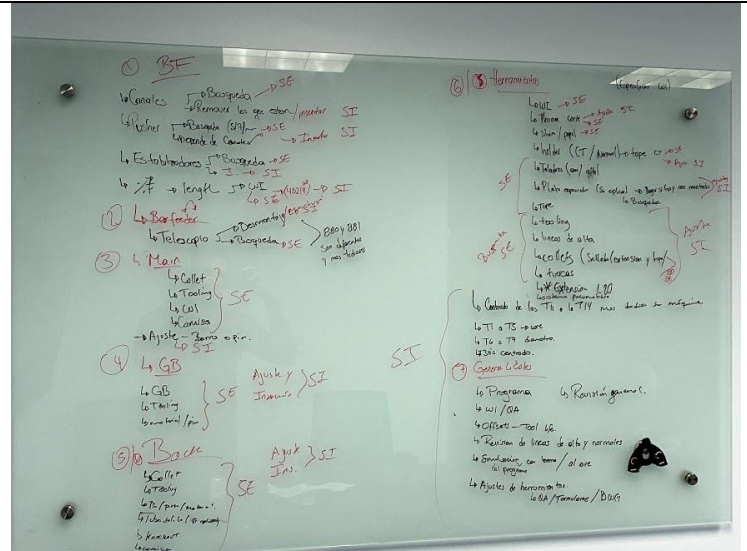
Fecha (s): 06/19/20		Tegra Medical Costa Rica	
Host	Luis Flores		
Asistentes	Ricardo Castro, Juan Chavarria, Alex Rojas, Christopher Ramírez y Diego Montero, Agustin Membreño, Jose Ramirez.		
Propósito	Tesina Propuesta de mejora		
Actividad		Asignado a / Fecha	
Agenda:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generalidades. 2. Presentacion de resultados. 3. Conclusiones. 4. Recomendaciones. 5. Preguntas. 		Luis F.	
Tareas:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Una vez aprobado el trabajo escrito, presentarlo con Ricardo C, para aprobación. 2. Realizar carta de aprobación y recibimiento del documento. 		Luis F. / TBD	
		Ricardo C. / TBD	

Anexo #3 – Fotos

Capacitación



Juicio de Expertos



Gabinete para Collets y Guide Bushings



Gabinete para Herramientas generales



Gabinete para Setup externo



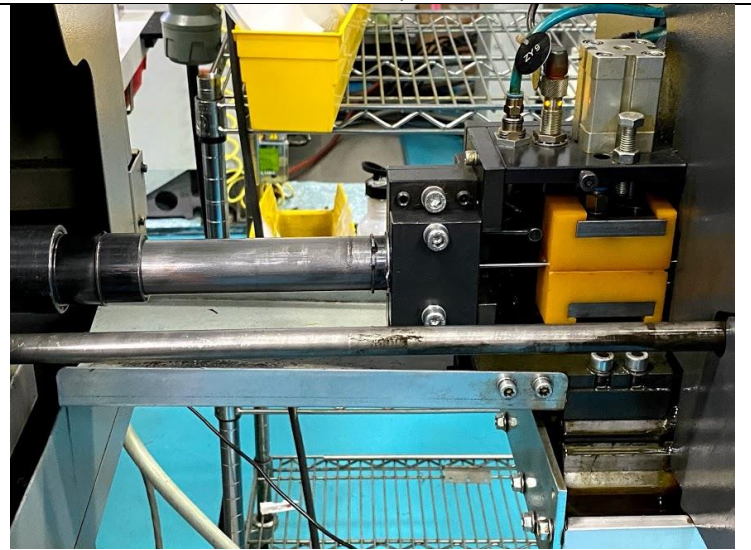
Torno Suizo



Bar Feeder



Telescopio



Panel de control del Bar Feeder



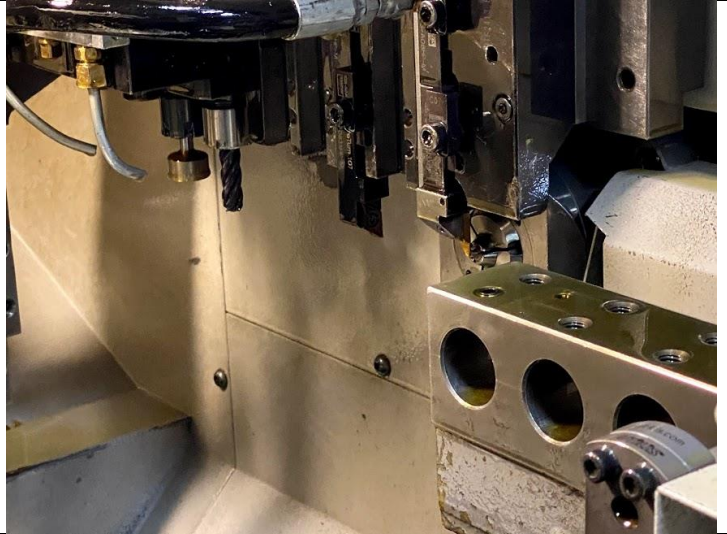
Panel de control del Torno Suizo



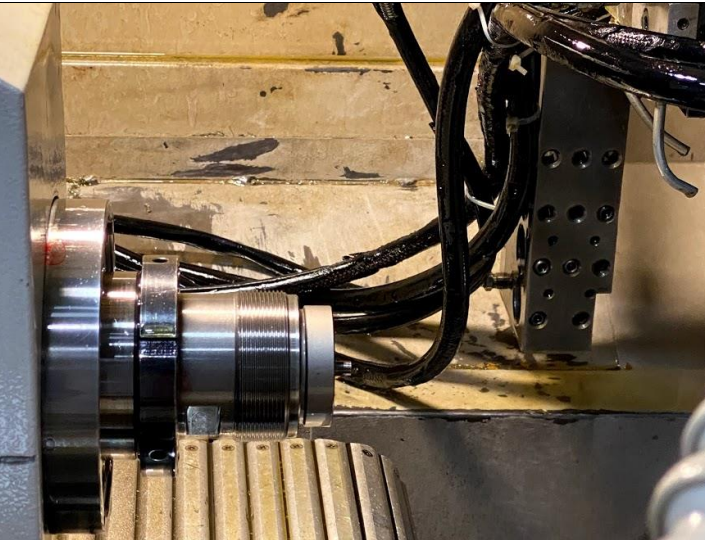
Torno Suizo por dentro



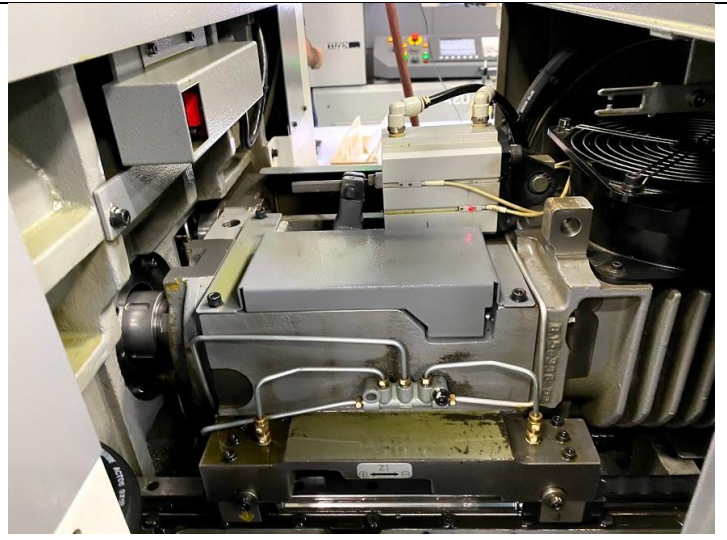
Plato de herramientas



Back collet / Back Chuck



Main collet / Main Chuck



**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 10 de octubre, 2020

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Luis Alonso Flores Castillo** con número de identificación **8-0137-0574** autor (a) del trabajo de graduación titulado ***Propuesta de mejora del proceso setup en el área de manufactura Citizen de la empresa Tegra Medical Costa Rica ubicada en Heredia, durante el primer cuarto del año 2020*** presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

Luis Alonso Flores C.
Ced: 8-0137-0574

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.