

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO
SET UP EN EL ÁREA DE MANUFACTURA
GRINDING DE LA EMPRESA TEGRA MEDICAL
COSTA RICA UBICADA EN LA AURORA DE
HEREDIA, DURANTE EL PRIMER
CUATRIMESTRE DEL AÑO 2023.

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

ESTUDIANTE: ALEXANDER ROJAS VILLALOBOS.

TUTOR: M.IOP. FRANKLIN CARVAJAL CORDERO, ING.

HEREDIA, 2023

Carta del tutor

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 27 de Junio de 2023

Estimados Señores
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

El estudiante Alexander Rojas Villalobos, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO SET UP EN EL ÁREA DE MANUFACTURA GRINDING DE LA EMPRESA TEGRA MEDICAL COSTA RICA UBICADA EN LA AURORA DE HEREDIA, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2023, 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%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

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

Atentamente,

FRANKLIN ENRIQUE
CARVAJAL
CORDERO (FIRMA)
 Ing. Franklin Carvajal Cordero, M.IOP.

Firmado digitalmente por
 FRANKLIN ENRIQUE CARVAJAL
 CORDERO (FIRMA)
 Fecha: 2023.06.27 07:39:22 -06'00'

Carta del lector

San José, 11 de agosto de 2023

Señores

Servicios estudiantiles

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:


El estudiante Alexander Rojas Villalobos, cédula de identidad 2-0754-0030, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: Propuesta de mejora del proceso set up en el área de manufactura grinding de la empresa TEGRA Medical Costa Rica ubicada en la Aurora de Heredia, durante el primer cuatrimestre del año 2023, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

JOSE
EDUARDO
VARGAS SOLIS
Ing. Jose Eduardo Vargas Solis
Cédula: 1-1559-0116



Firmado digitalmente
por JOSE EDUARDO
VARGAS SOLIS
Fecha: 2023.08.11
11:50:35 -06'00'

ii. Acta de aprobación

**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, 01 de septiembre, 2023

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Alexander Rojas Villalobos** con número de identificación **2-0754-0030** autor (a) del trabajo de graduación titulado **Propuesta de mejora del proceso set up en el área de manufactura Grinding de la empresa Tegra Medical Costa Rica ubicada en la Aurora de Heredia, durante el primer cuatrimestre del año 2023.** presentado y aprobado en el año **2023** como requisito para optar por el título de **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,

Alex R.v.
Firma y Documento de Identidad

iii. Dedicatoria

El desarrollo y culminación de este proyecto está dedicado a mi persona. A mí como ser humano y profesional que, a lo largo de mi carrera de ingeniería, nunca he desistido de lograr mis sueños, a pesar de las dificultades que se me han presentado en el camino y seguir hacia adelante sin importar los obstáculos que hayan aparecido.

Así mismo, le dedico el cumplimiento de este proyecto a mis padres que siempre han sido mi mayor inspiración; gracias a ellos que con la educación y los valores que me enseñaron he logrado ser quien soy hoy en día.

iv. Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la empresa Tegra Medical por darme la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones, al gerente Jose Ramírez Zuñiga, al coordinador de kaizen Brandon Quesada, el supervisor Gino Saborio y a la líder Aileen Barboza por el apoyo y colaboración brindada por parte de la empresa.

Al tutor Franklin Carvajal Cordero por la tutoría ofrecida, así como, la ayuda y recomendaciones que me dio a lo largo de todo este proceso de graduación. Cada una de sus palabras y consejos se recibieron como lecciones de aprendizaje para mi vida profesional, y así de esta manera, mejorar cada día más en el campo laboral diario.

v. Índice

ii. Acta de aprobación -----	4
iii. Dedicatoria -----	5
iv. Agradecimientos -----	6
V. Índice -----	7
vi. Acrónimos y siglas -----	19
Vii. Resumen ejecutivo y artículo publicable -----	20
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN -----	21
1.1 Descripción general del proyecto -----	22
1.2 Identificación de la empresa o institución -----	24
1.2.1 Descripción general de la empresa -----	25
1.2.2 Antecedentes -----	27
1.2.3 Visión -----	29
1.2.4 Misión -----	29
1.2.5 Valores -----	29
1.2.6 Política de Calidad -----	30
1.3 Planteamiento del problema -----	30
1.3.1 Definición y medición del problema -----	31

1.3.2	Justificación del problema	32
1.4	Objetivos del proyecto	32
1.4.1	Objetivo general	32
1.4.2	Objetivos específicos	33
1.5	Alcances y Limitaciones	33
1.5.1	Alcances	33
1.5.2	Limitaciones	34
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		35
2.1	Marco conceptual general relativo a la carrera	36
2.1.1	Ingeniería Industrial	36
2.1.2	Kaizen	37
2.1.3	Estudios de proceso	38
2.1.4	Herramientas para análisis de proceso	38
2.1.5	Diagrama de operaciones y procesos	39
2.2	Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	40
2.2.1	Metodología DMAIC-Seis Sigma	41
2.2.1.1	Definir	42
2.2.1.2	Medir	46

2.2.1.3 Analizar -----	46
2.2.1.4 Mejorar -----	49
2.2.1.5 Controlar -----	52
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto -----	54
2.3.1 Historia SMED -----	54
2.3.2 SMED (Single Minute Exchange of Die) -----	55
2.3.3 Composición de la metodología SMED -----	57
2.3.3.1 Etapa Preliminar -----	58
2.3.3.2 Etapa 1: Distinguir las fases de trabajo en internas y externas. -----	58
2.3.3.3 Etapa 2: Transformación de operaciones internas en externas ---	59
2.3.3.4 Etapa 3: Reducción de los tiempos de planificación internos y externos con mejoras de método. -----	60
2.3.4 Presupuesto -----	60
2.3.5 Valor actual neto (VAN) cambiarlo por VAN -----	61
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes-----	62
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO -----	65
3.1 Metodología para la definición del problema -----	66

3.2 Metodología para la medición y respaldo

cuantitativo del proyecto-----67

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de

un nuevo proceso, producto o servicio-----68

3.4 Metodología para la implementación del proyecto. -----69

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

resultados -----70

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS-----72

4.1 Situación actual -----73

4.2 Área de producción Grinding -----74

4.3 Proceso de Set up-----77

4.3.1 Equipos y herramientas necesarias para el proceso set up -----77

4.3.2 Flujo de Proceso -----79

4.4 Determinar las posibles causas raíz de un proceso de set up con tiempo variable

indefinido.-----87

4.4.1 Operario -----88

4.4.1.1 Falta de capacitación al proceso de Set up-----88

4.4.1.2 Falta de experiencia laboral -----89

4.4.2 Máquina -----89

4.4.2.1 Mal ejecución de mantenimiento -----	89
4.4.2.2 Dificultad de interpretación del idioma inglés-----	90
4.4.3 Material -----	91
4.4.3.1 No existe una planeación de ordenes de trabajo adecuada-----	91
4.4.3.2 Escasez de suministros-----	91
4.4.4 Método-----	92
4.4.4.1 No cuenta con un procedimiento específico para la ejecución de set up-----	92
4.4.4.2 Fixture y charts no se encuentran identificados -----	92
4.4.4.3 Escasez de herramientas -----	93
4.4.4.4 Dificultad de comunicación entre turnos-----	94
4.4.5 División de problemas por causa. -----	94
4.4.6 Clasificación de las causas -----	97
4.5 Evaluación de las causas raíz-----	98
4.6 Resultados del diagnóstico -----	99
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN -----	100
5.1 Propuestas de mejora -----	101
5.1.1 Propuesta de mejora iniciales -----	101

5.2 Capacitación al personal sobre KAIZEN,SEMD y	
objetivos de la empresa-----	105
5.3 Propuesta para el almacenamiento de las herramientas generales y suministros	
para el proceso del se up-----	108
5.3.1 La situación actual del manejo de las herramientas y	
suministros -----	108
5.3.2 Herramientas y suministros a utilizar -----	109
5.3.3 Estrategia de control de las herramientas y	
el stock de suministros -----	110
5.3.3.1 Herramientas de ajuste y el stock de suministros-----	110
5.4 Propuesta de herramienta para verificar y controlar	
el orden del área de trabajo-----	114
5.4.1 Hoja de control de orden y limpieza en el área de trabajo -----	114
5.5 Propuesta para aplicación del método de set up	
con la metodología SMED -----	118
5.5.1 Situación actual del proceso de set up en el área de grinding -----	119
5.5.2 Uso de la metodología SMED -----	120
5.5.2.1 Primera etapa: Clasificación de las actividades del set up en internas y	
externas-----	121

5.5.2.2 Segunda Etapa: División de actividades de set up	
de internas a externas-----	124
5.5.2.3 Tercera etapa: Reducción de tiempos de set up interno y externo con mejoras de método-----	133
5.6 Propuesta de herramienta para la verificación y seguimiento de set up y run up -----	136
5.6.1 Herramienta a utilizar -----	136
5.6.1.1 Hoja de verificación para set up externo -----	137
5.6.1.2 Hoja de verificación para set up interno -----	139
5.7 Aplicación de las propuestas para pruebas piloto-----	141
5.7.1 Análisis de las pruebas piloto -----	142
5.7.2 Comparación actual vs resultado de prueba piloto de la propuesta-----	144
5.8 Evaluación del impacto económico de la propuesta-----	145
5.8.1 Costo del personal-----	146
5.8.2 Costos de implementación -----	146
5.8.3 Ahorro generado por la implementación -----	149
5.8.4 Flujo de caja-----	151
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	152

6.1 Conclusiones	153
6.2 Recomendaciones	155
Bibliografía	156
Anexos	159

Índice de tablas

Tabla 01. Simbología y el significado según la norma ASME

Para un DOP	40
-------------------	----

Tabla 02. Metodología para la definición del problema.

Tabla 03. Metodología para la medición y respaldo

cuantitativo del proyecto	67
---------------------------------	----

Tabla 04. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

Tabla 05. Metodología para la implementación del proyecto.

Tabla 06. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.

Tabla 07. Rectificadoras Tridex-SG-2060 CNC instalados

en el área de Grinding.	74
------------------------------	----

Tabla 08. Herramientas de ajuste.

	77
--	----

Tabla 09. Diagrama de operaciones vs. Tiempo promedio por operación. -----	80
Tabla 10. Tiempos de descanso establecidos por la empresa. -----	86
Tabla 11. Costo total del set up actual. -----	86
Tabla 12. Total de problemas por causa.-----	95
Tabla 13. Los valores de peso establecido a cada causa. -----	97
Tabla 14. Priorización de causas.-----	98
Tabla 15. Lista de herramientas de Lean Manufacturing.-----	102
Tabla 16. Matriz de Causas críticas vs herramientas Lean Manufacturing. -----	104
Tabla 17. Cronograma de capacitación al personal técnico de precisión-----	107
Tabla 18. Análisis de tiempos muertos por búsqueda de herramientas y suministros. -----	112
Tabla 19. Costo del gabinete de setup´s. -----	113
Tabla 20. Hoja de control de orden y limpieza en el área de trabajo.----	115
Tabla 21. Clasificación de las actividades del set up actual. -----	121
Tabla 22. Clasificación de las actividades internas a externas. -----	125

Tabla 23. Actividades del set up externo -----	131
Tabla 24. Actividades del set up interno -----	132
Tabla 25. Actividades actualizadas del flujo del set up interno -----	133
Tabla 26. Comparación del costo del set up actual vs propuesta -----	135
Tabla 27. Cálculo de ahorro teórico mensual y anual. -----	135
Tabla 28. Hoja de verificación set up externo. -----	138
Tabla 29. Hoja de verificación set up interno. -----	139
Tabla 30. Diagrama de Gantt para las pruebas piloto. -----	142
Tabla 31. Resultados de tiempos de las pruebas piloto. -----	143
Tabla 32. Comparación de la situación actual vs resultado de la prueba piloto de la propuesta -----	145
Tabla 33. Costo de horas hombre. -----	147
Tabla 34. Detalle de costos de implementación anual. -----	148
Tabla 35. Resumen del tiempo de set up en las rectificadoras CNC Tridex SG-2060. -----	149
Tabla 36. Cálculo de horas de set up anual. -----	150
Tabla 37. Cálculo del ahorro con la metodología propuesta. -----	150
Tabla 38. Flujo de caja y cálculo del VAN. -----	151

Índice de Figuras

Figura 01. Organigrama organizacional de Tegra Medical Costa Rica....	26
Figura 02. Tegra Medical Costa Rica edificios CR-1, CR-2 y CR-3.....	28
Figura 03. Etapas de la metodología DMAIC.....	41
Figura 04. Ejemplo de lluvia de ideas.....	44
Figura 05. Ejemplo Diagrama de Pareto.....	45
Figura 06. Ejemplo diagrama causa y efecto.....	48
Figura 07. Diagrama de Gantt.	52
Figura 08. Fórmula de índice de productividad.....	53
Figura 09. Fórmula de índice de productividad aplicada a tiempos.	54
Figura 10. Fórmula de índice de productividad mensual aplicada a tiempos.	54
Figura 11. Gráfica de trabajo de SMED.	56
Figura 12. Fórmula matemática del VAN y sus variables.....	62
Figura 13. OEE Grinding CR-1 de las rectificadoras CNA TRIDEX SG-2060.	73
Figura 14. Rectificadora CNC TRIDEX SG-2060.....	75
Figura 15. Layout ubicación del área Grinding.	76
Figura 16. Fotos de herramientas en general para la ejecución del set up.	78
Figura 17. Acumulado de tiempo de set up (hrs) por número de parte durante el mes de febrero del 2023.	79
Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de set up.....	84
Figura 19. Análisis de causas del proceso de set up Con tiempo indefinido.	88
Figura 20. Ejemplo de fixture y chart.	93
Figura 21. Gráfico Pareto de causas en estudio.....	98
Figura 22. Gabinete de herramientas.....	111
Figura 23. Resultados de mejoras de orden en el área de grinding CR-1-----	117
Figura 24. Etapas de la metodología SMED.....	119

Figura 25. Instrumentos de medición y fixture utilizados para el proceso de set up.....	128
Figura 26. Balanceo de la piedra rectificadora.....	130
Figura 27. Comparación de los porcentajes de productividad del método actual y el método propuesto.	146

vi. 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).
PP	Verificación de la primera pieza fabricada
RP	Reingeniería de procesos.
SMED	Single Minute Exchange of Die.
TR	Teoría de restricciones.
TPM	Mantenimiento productivo total.
US	Estados Unidos
VAN	Valor Actual Neto.
VSM	Mapa de flujo de valor.

vii. Resumen ejecutivo y artículo publicable

El presente proyecto tiene como objetivo optimizar el proceso de Grinding de la empresa Tegra Medical Costa Rica en el edificio CR-1, por medio de la implementación de al menos una propuesta de método de trabajo, para la ejecución del proceso de set up basada en la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die), con el propósito de disminuir los tiempos de las actividades, registrando un aumento en la productividad del área y una reducción representativa cuantificable en los costos de operación.

Las principales causas encontradas durante el diagnóstico y análisis fueron que no existe un control de herramientas, el desorden del área en la ejecución de un set up por falta de un método de trabajo estandarizado, la falta de capacitación a los colaboradores y fallo de comunicación entre turnos en medio de la realización del set up.

A partir de las causas identificadas se analizaron propuestas de mejora, obteniendo como resultado que, con su implementación, se aumenta la productividad del proceso de set up en un 211.16%, se reduce el tiempo de set up en un 53% 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 34.35 horas al mes, los cuales consumen mayor tiempo disponible para ampliar la capacidad de producción del equipo. Por otro lado, con las propuestas aplicadas se generaría un ambiente laboral ordenado y organizado en donde se realice una gestión de producción más eficiente.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general del proyecto

A nivel nacional e internacional, la fabricación de dispositivos médicos (componentes y productos finales) ha incrementado grandemente desde hace unos años a la actualidad. Sin embargo, con el aumento que ha obtenido el mercado médico, 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 estandarizado sobre los resultados adquiridos, permiten a la empresa mejorar la productividad.

La presente tesina ha sido diseñada para realizar un estudio detallado e implementación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die); implementada en los años cincuenta por el Ingeniero Japonés Shigeo Shingo, esta metodología nació de la necesidad de disminuir el tamaño de cambio de empleado en pasar de una matriz a otra; en el área de manufactura Grinding de la empresa Tegra Medical Costa Rica, específicamente en el proceso de set up (Alistamiento) de la manufactura de cada producto.

El área de manufactura Grinding, es un proceso en donde se trabaja con rectificadoras CNC de la marca Tridex Technology, modelo SG-2060. Las rectificadoras se manejan mediante programas especializados para cada número de parte (PN), además de herramientas, materia prima (barras o tubos) bajo diferentes combinaciones químicas, como SS304, SS300, 17-4PH, entre otros.

Cada dispositivo 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 set up genera un tiempo de alistamiento no controlado, durante el cual no se está produciendo producto, lo que provoca pérdidas de productividad y retrasos de envíos.

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

En el capítulo dos (II) 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 set up y a la misma manera incrementar la productividad.

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

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

En el capítulo cinco (V) 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 (VI) 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 seis (6) facilidades:

- 1 facilidad en Franklin Massachussets; US (Casa matriz)
- 1 facilidad en Hernando Mississippi, US.
- 1 facilidad en Dartmouth Massachussets; US.
- 3 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 el dos mil diecisiete (2017) Tegra pasó a formar parte del grupo SFS.

En la actualidad, Tegra Medical Costa Rica cuenta con trece (13) áreas de manufactura; que se encuentran distribuidas entre las dos (2) facilidades con las que cuenta la compañía CR-1,CR-2 y CR-3 que es facilidad tres (3), y está en proceso de remodelación para empezar a brindar servicio; las áreas son:

- 1) Área de Citizen
- 2) Área de Láser (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 Esambles (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 rababas con arena (Grit Blast)
- 12) Área de erosionado (WEDM)
- 13) Área de maquinado (Tool Room)

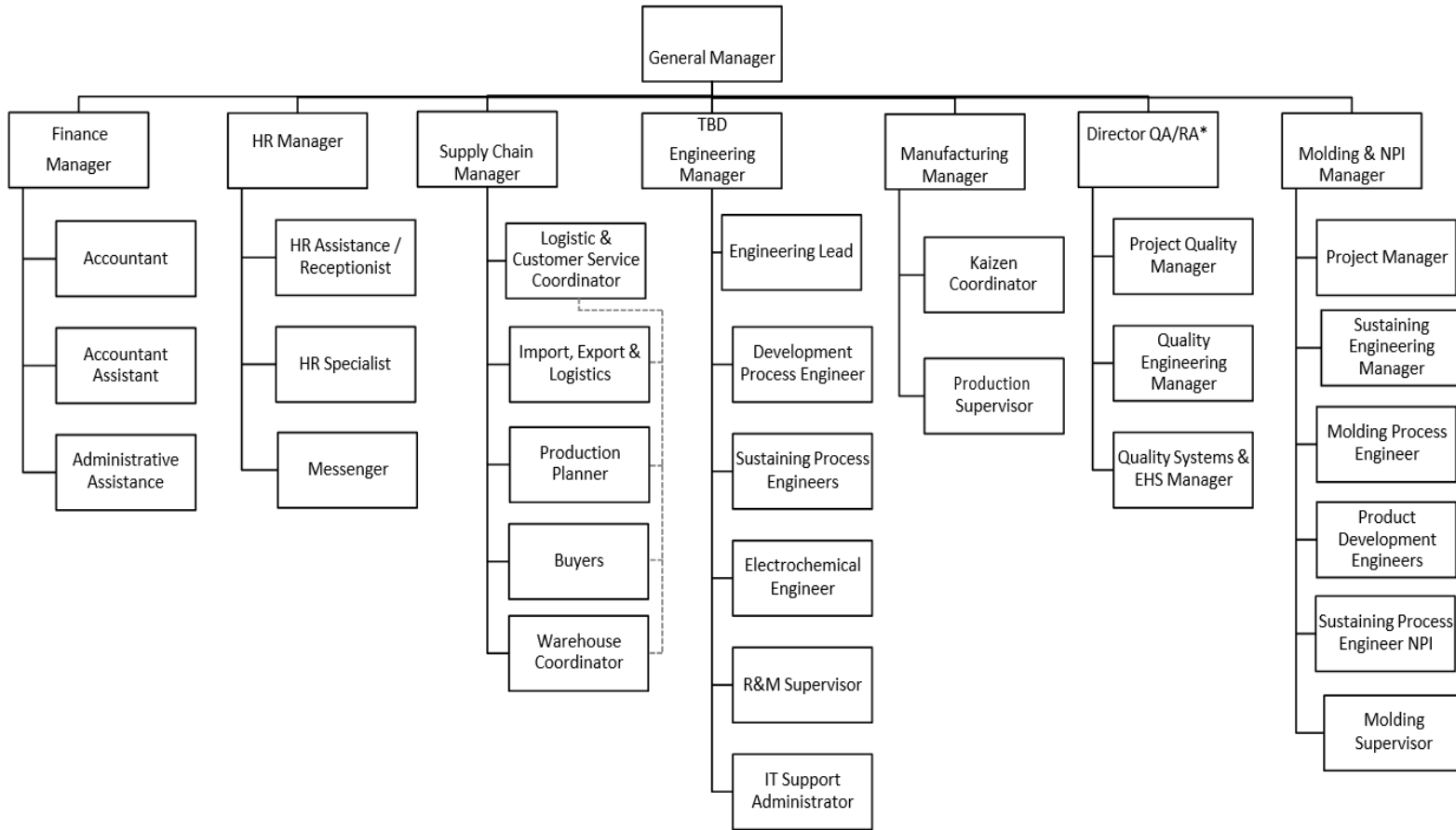
1.2.1 Descripción general de la empresa

Tegra Medical Costa Rica cuenta con 353 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 (Desarrollo de nuevos proyectos), Mantenimiento, Sostenimiento e Investigaciones.
3. Producción: Manufactura.
4. Supply Chain (Cadena de Suministros): Bodega, Compras, Planning y Recibo de Órdenes de Compra.
5. Contabilidad y Finanzas: Contaduría.

Figura 1.

Organigrama organizacional de Tegra Medical Costa Rica.



Fuente: Recursos Humanos de Tegra Medical.

1.2.2 Antecedentes

Tegra Medical se encuentra ubicada en la Zona Franca Global Park, localizada en el cantón de Ulloa de la provincia de Heredia, inició bajo el nombre de Penn United Technologies en el año 2007, siendo una pequeña empresa con capital extranjero, enfatizada en procesos de mecánica de precisión.

Con el tiempo Tegra Medical se introduce en el mercado de la industria médica. En el año 2012 fue comprada por inversionistas Anónimos, cambiando el nombre de Pen United a Tegra Medical, convirtiéndose en una compañía de manufactura de productos médicos (Componentes) y en la cuarta planta de la marca Tegra Medical, siendo la primera planta fuera de Estados Unidos de América.

Perteneciendo a esta marca, fue adquirida por el corporativo SFS, la cual hace que sea la única empresa en el mercado de manufactura de dispositivos médicos con la que cuenta esta corporación; ya que en la actualidad cuenta con empresas en la industria de automotriz, construcción, telecomunicaciones, aérea, entre otras diferentes industrias.

El crecimiento que ha tenido Tegra con el paso de los años, también ha requerido de refuerzos internos en la parte de certificaciones de calidad. En la actualidad la compañía cuenta con certificación de la FDA (Food and Drugs Administration), así como la mayoría de los colaboradores cuentan con certificaciones en Seis Sigma, SMED, Green Belt, Lean Manufacturing, Minitab, Quality Training; que son costeadas por esta compañía para asegurar que los empleados cuenten con las

herramientas necesarias para cumplir el alineado junto con las demás empresas del mercado.

Figura 2.

Tegra Medical Costa Rica edificios CR-1, CR-2 y CR-3.



Fuente: Tegra medical. (2022). Ilustración de los edificios de Tegra Medical Costa Rica. [Figura]. Recuperado de <https://www.tegramedical.com/tegra-medical-expands-costa-rica-manufacturing-operations-with-new-building/>

El lema de Tegra Medical es “A passion for Precision” (Pasión por la precisión) la cual involucra a sus colaboradores los valores como la integridad, el trabajo en equipo y responsabilidad, ya que las personas que requieren del uso de sus dispositivos médicos dependen de estos procedimientos, por lo que todos productos fabricados deben funcionar óptimamente.

Tegra Medical es reconocida a nivel internacional como una de las empresas líderes en contract manufacturing (Manufactura por contrato) porque esto da el propósito de la empresa en seguir produciendo dispositivos médicos de alta calidad.

1.2.3 Visión

Somos el socio más confiables para llevar al mundo dispositivos médicos que cambian la vida.

1.2.4 Misión

- Nuestro apasionado equipo da vida a los dispositivos médicos.
- Construimos relaciones sólidas con nuestros socios comerciales y proporcionamos soluciones innovadoras que contribuyen al éxito mutuo y sostenible.
- Estamos comprometidos con un entorno de trabajo seguro y gratificante para nuestros empleados y con un impacto positivo en la comunidad.

1.2.5 Valores

- Colaboración
- Compromiso
- Comunidad
- Éxito

- Cambio

1.2.6 Política de Calidad

“Calidad excepcional sin excepción”.

Tegra Medical está comprometida a calidad excepcional sin excepción por medio de:

Cumplir con los requisitos.

Alcanzar los objetivos de calidad.

Retener tecnología de punta en la industria de dispositivos médicos.

Efectivamente mantener el Sistema de Gestión de la Calidad.

Satisfacer las necesidades del cliente

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 importante en el mercado.

Por lo que una empresa médica sin control de los tres (3) factores fundamentales mencionados anteriormente no estaría capacitada para competir en el mercado y por ende las ventas y adquisición de nuevos productos bajarán. Para efectos de este proyecto, el objetivo estará dirigido a los tiempos de producción,

específicamente en los tiempos del proceso de set up de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060, el cual es el tiempo inicial y más crítico de una corrida de producción, si no se inicia un proceso correcto de set up, el tiempo de ajustes y el costo de producción aumentará, provocando los retrasos de entrega de producto.

1.3.1 Definición y medición del problema

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

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 la falta de indicadores para conocer los verdaderos porcentajes de eficiencia, tiempos y costos de los setup's.

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

1.3.2 Justificación

Debido a la alta demanda del proceso de manufactura grinding, 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 permitiría reducir y optimizar el tiempo del proceso antes mencionado, segregando el proceso en set up 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, especialmente al área de producción, pues se les proporciona herramientas para llevar a cabo y controlar el proceso de Set up en el área de manufactura Grinding.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de Grinding de Tegra Medical, para la disminución de tiempos de set up por medio del uso de la herramienta SMED, para el aumento de la productividad y la ganancia de dicho proceso, en el primer cuatrimestre del 2023.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual sobre los tiempos y movimientos que se ejecutan durante el set up de las máquinas rectificadoras Tridex SG-2060 CNC para el rastreo de todas las tareas ejecutadas.
2. Estudiar las tareas internas y externas del proceso, a partir de lo cual se definan las más críticas para el proceso de set up de las máquinas rectificadoras CNC.
3. Aplicar las cuatro etapas de la metodología SMED y determinar el tiempo óptimo de cada operación dentro del set up interno con el fin de estandarizar todos los pasos para lograr un set up óptimo y una reducción del tiempo down.
4. Controlar la metodología aplicada por medio de la implementación de una herramienta de chequeo de set up.
5. Evaluar el costo-beneficio de las soluciones propuestas del proyecto de mejora del proceso de set up de la máquina rectificadora CNC.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

El presente proyecto se lleva a cabo en la empresa Tegra Medical Costa Rica, en el área de Grinding donde se pretende identificar y eliminar los posibles cuellos de botella que afectan el proceso de set up de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060. 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.

1.5.2 Limitaciones

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, 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.

Otra de las limitantes es que los números de parte de los productos, programas, planos, sistemas operativos, y otras herramientas de uso diario en la compañía se deben de proteger bajo nombres diferentes a los originales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

De acuerdo con Reyes (2012), en el marco teórico conceptual se “Hace una extensa revisión de los conceptos de estudios, se refiere a los temas y los aspectos relacionados con el objetivo de estudio, mismos que resultarán ser el apoyo del proceso de investigación que se busca desarrollar” (pág.39)

En este apartado del documento se tiene como objetivo una explicación detallada para tener una mejor visión acerca de la carrera de ingeniería industrial, sus diferentes derivaciones, así como, los conceptos que respaldan la investigación e implementación de la propuesta de mejora de este proyecto; y con ello obtener el título académico de bachiller en ingeniería industrial.

2.1.1 Ingeniería Industrial

“De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, la ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad.” (Introducción a la ingeniería industrial,2014, (pág.1).

Otra forma de comprender el concepto de la ingeniería industrial es observarla como la rama de la ingeniería que trata el diseño, análisis, medición, control y mejoramiento de los procesos que componen un sistema de manufactura, de tal

manera que se logre cumplir con las necesidades de los clientes. Esta rama también abarca a la instalación de sistema integrado por hombres, materiales y equipos.

Para poder ejercer la práctica de la ingeniería industrial se requiere de la interacción permanente con personas o grupos sociales; por eso habilidades como el liderazgo, comunicación, trabajo en equipo, organización y disciplina son fundamentales, ya que son las impulsoras del cambio en las empresas.

De cualquier carrera profesional, la ingeniería industrial tiene una gran variedad de divisiones, de las cuales las más destacadas se pueden mencionar:

- Ingeniería en mantenimiento industrial
- Ingeniería de producción
- Ingeniería de calidad
- Ingeniería de métodos
- Ingeniería de diseño industrial

2.1.2 Kaizen

Para Massaki (2014) “La filosofía Kaizen parte de la base de que nuestra vida, hablamos en un aspecto laboral, social o en el hogar, debe trabajar con esfuerzos para lograr cumplir mejoras continuas”. (pág. 1,2).

Kaizen surgió como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de repuesta de todos los perfiles, para así afrontar cualquier tipo de desafío que se plantean cotidianamente.

Es importante mencionar que el término Kaizen es de origen japonés, y su

significado es “cambio para mejorar”, lo cual con el tiempo se ha aceptado como “Proceso de Mejora Continua”. La traducción literal del término es:

KAI: Cambio

ZEN: Mejora

2.1.3 Estudio de Procesos

Según Meyers (2000), Herramientas utilizadas para clasificar los procesos involucrados depende de los intervalos de tiempo de trabajo y la frecuencia con que se repiten.

Se realiza un análisis de datos para establecer tiempos promedios de trabajo en un mapeo de procesos.

2.1.4 Herramientas para análisis de proceso

Para poder ejecutar 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.

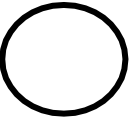

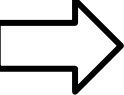

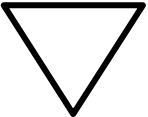
2.1.5 Diagrama de operaciones y procesos (DOP)

De acuerdo con Mayers (2000). Es una herramienta utilizada para tener una visión completa y simple de las operaciones realizadas durante la producción de un producto. La simbología utilizada para dibujar fue creada por el comité de la American Society of Mechanical Engineers (ASME), y es de uso universal en el mapeo de procesos.

Muestra de una manera muy simple y fácil de comprender los elementos utilizados dentro un proceso de producción.

Tabla 1.

Simbología y el significado según la norma ASME para un DOP.

Símbolo	Descripción
	Operación: actividad que transforma el producto, ya sea modificando su forma, adicionando componentes o removiendo.
	Inspección: consta de la revisión y verificación de un producto, yasea al finalizar una etapa o al final de todo el proceso productivo cumpliendo con los requisitos del cliente.
	Transporte: se trata del traslado del producto de un área de trabajo a otro lugar.
	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.

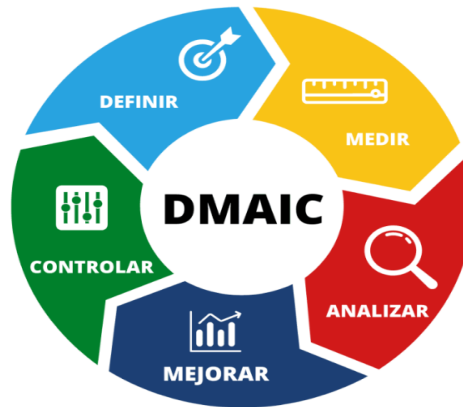
Fuente: Meyers (2000). Edición propia.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

En el presente punto se aplican las definiciones y metodología DMAIC de Seis Sigma, las cuales son relacionadas con la planeación del proyecto, los cuales deben quedar evidente para un criterio de entendimiento del problema de investigación.

Figura 3.

Etapas de la metodología DMAIC.



Fuente: Rocha, J. (13 de enero del 2022). DMAIC: Qué es y cuáles son sus pasos. Recuperado de <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>

2.2.1 Metodología DMAIC-Seis Sigma

Según Joroen y Joran (2012) afirman que “el método el Six Sigma a menudo se describe como un enfoque para la resolución de problemas”. (párr.22).

El DMAIC forma parte de las herramientas de esta metodología, cuyo objetivo es conocer, en una serie de etapas bien definidas el mejoramiento de los procesos se basa en desarrollar cinco pasos fundamentales, los cuales son: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar cuyos pasos deben de cumplirse en el orden mencionado.

2.2.1.1. Definir

En la primera etapa se establece el problema y donde se determina el nivel de afectación, así de esta manera se establecen una serie de objetivos por los cuales se desea trabajar y el alcance que se desea alcanzar. 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”. (pág.291)

2.2.1.1.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una herramienta que se supone facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un problema o un tema determinado, la misma genera ideas originales en un ambiente.

La "lluvia de ideas" fue desarrollada por un publicista de Nueva York llamado Alex Osborn en 1939. Publicó sus hallazgos en el libro *Your creative power* ("Tu poder creativo") en 1948. La propuesta de "lluvia de ideas" surgió en un capítulo titulado "Cómo organizar a un equipo para crear ideas". (BBC News Mundo,2019, párr. 2-4).

El autor recomendaba concentrarse en cuatro reglas fundamentales: generar la mayor cantidad de ideas, no criticar, permitir pensamientos extravagantes y trabajar para combinar varias propuestas con el objetivo de obtener mejores resultados.

La lluvia de ideas es una técnica estructurada para grupo de trabajos que sirve para recolectar una serie de observaciones relacionadas a un problema mediante ideas espontaneas y sus posibles soluciones.

Donde se expone un tema determinado entre un grupo de personas y se empiezan a establecer una serie de planteamientos de resolución con respecto al tema expuesto. Estos son algunos de sus principios:

- Permitir que las ideas surjan de manera espontánea
- Moderar los juicios para no interrumpir esa espontaneidad
- Priorizar la colaboración, en vez del afán por dar la idea más aplaudida

Es una técnica que genera una colaboración más relajada entre los colaboradores y donde cada uno permite que surja la creatividad de los involucrados.

Para establecer una lluvia de ideas se necesita de un moderador que se encargue de dirigir la sesión, para que todos tengan oportunidad de participar, evitando conflictos o puntos muertos. Además, se encargará de registrar todas las ideas que surjan, buenas o malas.

Se debe de tener un objetivo bien definido. Puede ser responder una pregunta, identificar una problemática en un proceso. La actividad para realizar está pensada a partir de su objetivo.

La sesión tiene una duración establecida. Así se organiza mejor el tiempo para cada etapa de la lluvia de ideas y no se desperdicia tiempo en la actividad.

El número de participantes no supera las 15 personas para que no tome demasiado tiempo y cause desorden en las ideas propuestas.

En una lluvia de ideas no hay espacio para criticar las propuestas de los participantes, ya que la intención es activar la creatividad de los participantes. Las ideas serán revisadas acercándose al final de la sesión.

Se intenta obtener la mayor cantidad de ideas posibles, sobre todo porque las primeras serán las menos inspiradas o las más obvias. Todos los que se unen a la sesión deben aportar propuestas.

La lluvia de ideas será de suma importancia para este proyecto. Donde se pretende realizar una reunión con los mecánicos encargados de realizar setup's, líderes, ingenieros y personas del equipo Kaizen, donde se recolectarán ideas sobre las causas que están provocando los tiempos muertos durante el proceso de set up y mediante esas propuestas se escogerán las más relevantes y se someterán a votación por medio de una encuesta.

Figura 4.

Ejemplo de lluvia de ideas.



Fuente: Paula,R. (10 de noviembre,2014). Diagrama de Causa y Efecto. [Mensaje de un blog]. Recuperado <https://www.calameo.com/books/004047153f0e7941ee73f>

2.2.1.1.2 Diagrama de Pareto

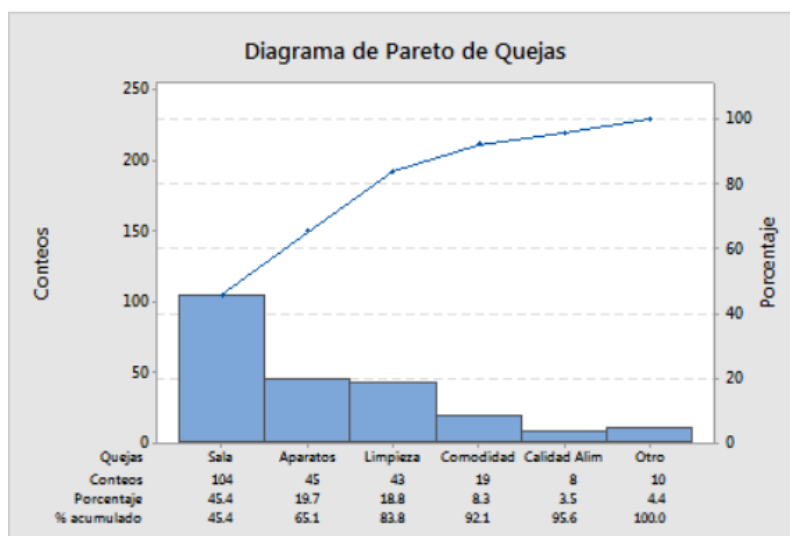
Es un gráfico de barras que ayuda a seleccionar los problemas en forma descendente y con un orden de prioridades, el diagrama de Pareto permite dar prioridad a los problemas que más están afectando en proceso por medio de la “Ley 80-20”.

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

Lo importante hay que recordar que el Diagrama de Pareto ayuda a elegir el o los problemas que más importancia hay que resolver, facilita la comunicación y a su misma vez permite medir el antes y el después de haber puesto en práctica las mejoras.

Figura 5.

Ejemplo Diagrama de Pareto.



Fuente: Minitab (2021). Ilustración de diagrama de Pareto [Figura]. Recuperado de

<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/#:~:text=Un%20diagrama%20de%20Pareto%20es,de%20quejas%20de%20los%20clientes.>

2.2.1.2. Medir

Para la segunda etapa del DMAIC, habiendo ya entendido el problema que se está generando, se recolectan una serie de datos proporcionados por la compañía y mediante gráficos estadísticos, indicadores de tiempos generado por cada set up con más frecuencia y de acuerdo con el diagrama de Pareto se debe medir todos aquellos factores que afecten en el proceso de set up analizados en esta etapa.

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.

2.2.1.3 Analizar

Basados en la serie de datos que se facilitaron en la etapa anterior se inicia con la toma de decisiones que requiera el proceso, se analizan los datos recolectados y comprender por qué los tiempos de set up son tan altos y cuáles son las variables

identificadas como causantes, así mismo se desarrollan algunas herramientas ingenieriles como una lluvia de ideas basadas en opiniones propias de los operarios y con esto el desarrollo de un diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, gráficos de control, mapeo de procesos que proporciona las principales causas que provocan los desperdicios y de aquellos que merecen mayor consideración.

2.2.1.3.1 Diagrama Causa y Efecto-Ishikawa

Los diagramas de Ishikawa son herramientas de diagnóstico utilizadas para identificar las causas potenciales de un evento. Existen diversas técnicas y filosofías para llevar a cabo el análisis de causa raíz de un problema a partir de estos diagramas. (Romero y Niño,2018, pág.1)

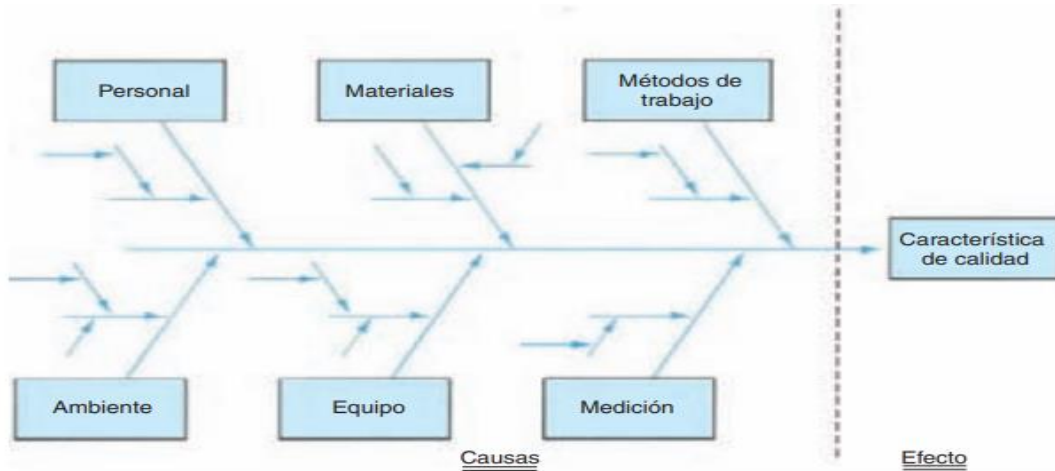
La aplicabilidad de los diagramas de Ishikawa bajo el contexto de la toma de decisiones con criterios múltiples requiere de una metodología que guíe al tomador de decisiones a lo largo de todo el proceso decisional.

De acuerdo con la teoría creada por el licenciado químico industrial Japonés Kaoru Ishikawa en el año 1943. Está diseñado para ayudar a las empresas en el análisis de problemas y determinar las causas que lo generan de una forma estructurada mediante una representación gráfica, que permite visualizar las causas y los factores que contribuyen. Estos diagramas se llaman también diagramas de causa y efecto o diagrama de espina de pescado.

El diagrama se va construyendo de derecha a izquierda donde la cabeza se representa como si fuese la cabeza de un pescado donde se describe el problema que se está presentando, se traza una línea horizontal en el centro que representa las espinas y también las distintas categorías de las causas potenciales.

Figura 6.

Ejemplo diagrama causa y efecto.



Fuente: Besterfiel, Dale. (2009). *Control de Calidad. (8va Ed.)*. México, Editorial Pearson Education, Inc. (Pág.81).

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.

- Mano de Obra / Hombre: Una variable clara que afecta cómo todo el resto de los elementos se combina para producir los resultados del negocio.

2.2.1.4 Mejorar

En la fase de mejorar se toman las decisiones para la mejora en el desempeño del proceso que deben ser mejorado y presenten variación directa a los CTQs (Critical to quality o en su traducción al español Dimensiones críticas para la calidad) para presentar e implementar las soluciones que mejoran o erradicar la causa a raíz detectada o disminuir los problemas encontrados. Se planea, con las mejoras implementadas, dominar el proceso a lo largo del tiempo.

Mediante la lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, etc. extraído de la etapa de analizar se exhiben los datos arrojados y de aquí se evalúan las decisiones para probar su eficacia en el proceso, 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.

2.2.1.4.1 Plan estratégico de implementación

El plan estratégico de implementación es una herramienta que describe los pasos para determinar metas y objetivos y medios que se deben aplicar para alcanzarlos en un tiempo definido.

Autores como Leonard D. Goodstein (1998) 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”. (pág.5).

El plan estratégico de implementación abarca la iniciación de diferentes planes de acciones 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 este motivo, una vez que el plan de implementación se realice, se debe inspeccionar 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.

2.2.1.4.2 Diagrama de Gantt

Es una herramienta de gestión para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Posee una cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto. (Perez,2021, párr.1).

Fue desarrollado por Henry Laurence Gantt a mediados del siglo XX, donde una tarea depende de la conclusión de la otra y así de manera sucesiva hasta completar la totalidad de las tareas previstas. Está definido por etapas donde en el eje horizontal estarán las tareas a ejecutar y en el eje vertical los tiempos de duración

de cada una de las actividades y donde a cada bloque se le asigna un cuadro preferiblemente de color indicando el tiempo que se durará ejecutando dicha actividad, adicionalmente en cualquier momento puede actualizarse y donde puede agregarse más tareas.

Un diagrama de Gantt puede plasmarse en papel, pero preferiblemente en Excel, ya que las celdas que posee dicha herramienta permiten una fácil elaboración del diagrama. Los pasos para la elaboración del diagrama de Gantt son los siguientes:

- Hacer una lista de tareas a ejecutar y definir los tiempos de duración y prioridad de cada tarea.
- El diseño debe ser esquemático, donde se plasme lo más importante y de fácil visualización para el seguimiento de cada una de las actividades reflejadas.
- Si se desea obtener un seguimiento de las tareas y si hay atrasos en algunas de ellas se pueden dar extensiones debido a la flexibilidad del diseño.
- Es un diagrama cuya elaboración es de bajo costo, por lo que su implementación se puede realizar en cualquier momento.

El diagrama de Gantt será una herramienta primordial para la elaboración del proyecto, donde se documentarán todas las actividades paso a paso y el tiempo de duración que se espera de cada una de ellas para el control de dichas actividades.

Figura 7.

Diagrama de Gantt.

Escala de tiempo Gantt

Ingrese los datos del proyecto



Fuente: Pérez, A. (25 de abril.2021). Que es un diagrama de Gantt y para qué sirve. Recuperado de <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>

2.2.1.5. Controlar

En esta última fase se controla aquellos cambios elaborados en la etapa mejorar donde se debe de probar el éxito de las soluciones a futuro. Donde se pondrá a prueba las herramientas que ayuden a la implementación de las soluciones sugeridas en el DMAIC mediante implementación de controles que me permitan observar el logro obtenido.

Esta metodología será la guía primordial en la ejecución del proyecto, donde se seguirán paso a paso cada una de las etapas de definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar, donde de irá desarrollando el proyecto en el anterior orden y sobre el cual

se verá desde lo más sencillo hasta lo más robusto y se finalizará en la etapa de mejorar donde se planificará propuestas de soluciones al problema tratado en el proyecto.

2.2.1.5.1 Indicadores de producción

La aplicación del manejo de indicadores es de suma importancia para cualquier tipo de empresa, ya que tiene como objetivo de visualizar el estado real de la empresa además de ser pilar en la toma de decisiones futuras de mejorar 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 fórmula.

Figura 8.

Fórmula de índice de productividad.

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

Fuente: Meyers (2010)

Para la ejecución de estudio, la formula se replantea en búsqueda de la productividad con la relación al tiempo y no a la cantidad de ventas.

Figura 9.

Fórmula de índice de productividad aplicada a tiempos.

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Tiempo Promedio}}{\text{Tiempo de Set Up}}$$

Fuente: Edición propia

Figura 10.

Fórmula de índice de productividad mensual aplicada a tiempos.

$$\text{Índice de productividad mensual} = \frac{\text{Tiempo Promedio} \times \text{Cantidad de Setup's}}{\sum \text{Tiempo de Setup's realizados}}$$

Fuente: Edición propia

2.3. Marco conceptual referente al impacto del proyecto

La mejora que se efectúa en este proyecto de investigación se realiza mediante la metodología SMED, por lo cual se efectuará un profundo análisis sobre este concepto.

2.3.1 Historia SMED

La metodología SMED nace como una necesidad fundamental para obtener una

producción Justo a Tiempo (JIT). Se aplicó por primera vez en unos de los sistemas de Toyota, pionera de JIT con la meta de poder producir lotes cada vez más pequeños y de esta manera poder satisfacer con las demandas y cumplir las entregas a tiempo 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 permita mejorar el método en sí. Con la implementación de SMED, Toyota logró reducir los cambios de matrices en algunos de sus procesos de tiempos como 1 hora o 40 minutos a 3 minutos.

La evolución de la tecnología 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 récords 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 Red Bull.

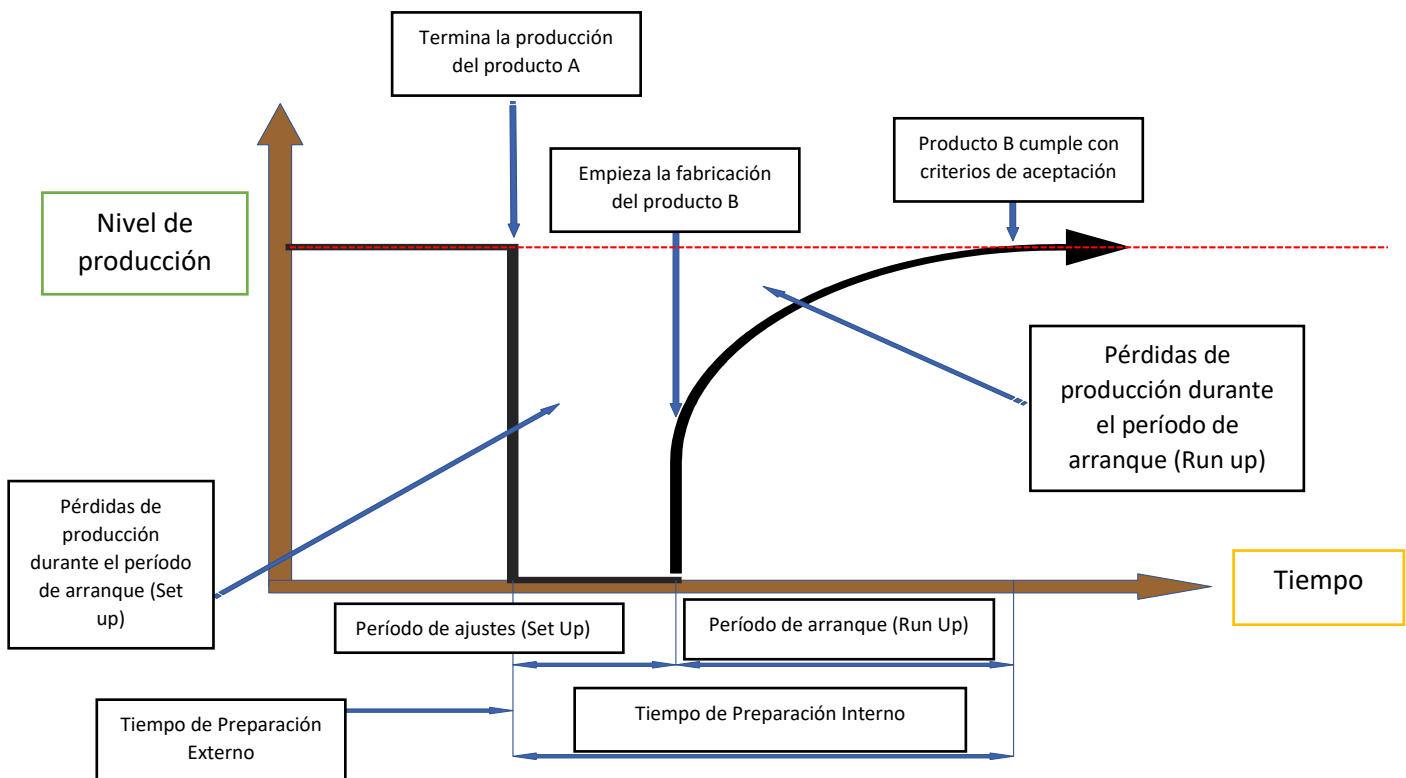
2.3.2 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Según Cabrera (2014), Acrónimo de Single Minute Exchange of Die SMED (Cambio de troquel en menos de diez minutos) es un conjunto de técnicas realizadas para

progresar 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 la disminución de tiempo. Por lo tanto, este método tiene un gran impacto substancial en la rápida disponibilidad, ocasionando que las operaciones se vuelvan más flexibles, con un aumento en la productividad y con una notable mejora en la competitividad. (pág. 205-206).

Figura 11.

Gráfica de trabajo de SMED.



Fuente: Edición propia.

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 fórmula de la figura 11.

2.3.3 Composición de la metodología SMED

Según Shingo, la metodología SMED fue implementada para disminuir y simplificar los tiempos de cambio durante el set up, también indica Shingo (1985) que el principio detrás una disminución de tiempo de set up es por medio de una eliminación de tiempos innecesarios durante el proceso del cambio de producto; es por esto por lo que el método de SMED consta de cuatro principales etapas para su ejecución.

- Etapa Preliminar: Diagnóstico y Análisis.
- Etapa 1: Distinguir las fases de trabajo en internas y externas.
- Etapa 2: Transformación de operaciones internas en externas.
- Etapa 3: Reducción de los tiempos de planificación internos y externos con mejoras de método.

2.3.3.1 Etapa Preliminar

En esta etapa consiste en identificar el equipo y operación de tareas internas y externas durante el proceso de set up (alistamiento); entendiéndose como operaciones externas que se pueden realizar mientras la producción en curso no ha finalizado y las operaciones internas, se basan a que se deben realizar hasta que la máquina haya concluido su producción; realizando un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

- Alistar los tipos de set up para cada número de parte.
- Registrar los tiempos de set up.
- Estudiar las condiciones actuales de set up.

2.3.3.2 Etapa 1: Distinguir las 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. 1985)

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

Según Shingo S. (1985), 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 máquina o funciona, se reducirá usualmente entre un 30% y 50%.

2.3.3.3 Etapa 2: Transformación de operaciones internas en externas.

Después de haber distinguido las tareas internas y externas, se inicia el análisis respectivo para determinar las posibles operaciones que se puedan realizar mientras que la máquina se encuentra en producción. Para lograr este método es importante tomar en cuenta algunas consideraciones:

- Reevaluar los pasos que se están ejecutando para determinar si por error, alguna operación externa la están 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 disminuir este tiempo ya que 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 requerida. 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.

2.3.3.4 Etapa 3: Reducción de los tiempos de planificación internos y externos con mejoras de método.

La misión de esta etapa es mejorar 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 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.

2.3.4 Presupuesto

En esta sección se describe el impacto de esta investigación.

Según la definición de emprendepyme.net, (2023.), 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”. 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 planear el presupuesto con una estimación hecha basada con los gastos históricos y proyectos declarados, en caso, 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 ejecución del presente proyecto se cuenta con el presupuesto necesario para poder realizarlo.

2.3.5 Valor actual neto (VAN) cambiarlo por VAN

Hoy en día las empresas se basan en proyectos; tienen modificaciones en sus operaciones debido a la búsqueda de mejoras. Por lo tanto, herramientas como el VAN, son técnicas de evaluación que ayuden a determinar si un proyecto es aceptable o no.

2.3.5.1. 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 12

Fórmula matemática del VAN y sus variables.

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

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

El proyecto se centra en implementar la disminución de tiempos de set up en una empresa médica, por ende, es de suma importancia destacar que las compañías médicas tienen un interés relevante de aplicar los mejores métodos de mejoras.

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. Pág.109

El objetivo del proyecto fue alcanzar un programa de mantenimiento preventivo que incorpore todos los parámetros necesarios para mantener un equipo de alta confiabilidad y disponibilidad. En el capítulo 5 del estudio, muestra la mejora de

los tiempos de cambio de formato por medio de la metodología (SMED) en la línea BAG; tiene como finalidad, documentar el procedimiento de cambio de formato para la línea BAG en busca de reducir los tiempos de cambio. Se lograron detectar cuatro operaciones 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 la aplicación de la metodología SMED permitió reducir operaciones, 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. Pág.124

La misión de la investigación fue disminuir 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, desarrollando 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.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

Conforme a los objetivos planteados en este proyecto, consistirá en una investigación descriptiva, ya que el objetivo es analizar el método de trabajo actual del proceso de set up del departamento de manufactura Grinding de la compañía Tegra Medical Costa Rica. A la misma manera se hará una recopilación relevante de información que evidencie la ejecución del método de trabajo actual.

Es de gran importancia recopilar el análisis de los diferentes medios de información que utiliza la empresa, así como también normas de calidad relacionadas directamente al proceso de set up o manufactura.

Tabla 2.

Metodología para la definición del problema.

Sección	Actividades	Herramientas	Resultados
DEFINIR	<ul style="list-style-type: none"> Identificación del problema a través del empleo de las herramientas de calidad para analizar los procedimientos actuales capturados. Evaluar las operaciones críticas del set up en donde sea necesario 	Diagrama de Pareto. Diagrama de operaciones. Lluvia de ideas.	Identificar la base del análisis de variables que tiene el desarrollo del proceso.

	contar con la rectificadora CNC detenida.		
--	--	--	--

Fuente: *Elaboración propia.*

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

Para este apartado del proyecto se aplicará la fase de medir, con fin de respaldar cualitativamente el problema y las causas que se presente durante el proceso de set up en el departamento de Grinding de la compañía Tegra Medical Costa Rica.

Para realizar un análisis y definir el problema se usarán dos herramientas, una de medición y la otra el respaldo cualitativo del proyecto.

Tabla 3.

Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.

Sección	Actividades	Herramientas	Resultados
Medir	<ul style="list-style-type: none"> Recolecta de información de los tiempos de set up anteriores que me permitan medir y evaluar el escenario actual 	<i>Estudios de tiempos.</i> <i>Hojas de verificación.</i>	Lograr entender el estado del proceso actual de la etapa medir, se logrará descubrir los objetivos de mejora en el proceso.

	para después realizar una comparación.		
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

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

Para este apartado del proyecto se aplicará la fase de analizar, el objetivo principal es analizar cada causa encontrada e identificar como afectan el proceso actual.

Es importante que la mejora del proceso de set up del departamento de Grinding de Tegra Medical, forma parte de una estructura mayor a nivel organizacional que implica decisiones gerenciales, control de los ejecutivos por funciones, capacidad del talento humano, equipo adquirido que sea apropiado y múltiples aspectos por enumerar.

Tabla 4.

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

Sección	Actividades	Herramientas	Resultados
ANALIZAR	<ul style="list-style-type: none"> Se plantea aplicar diagramas para identificar cada una de las diferentes causas. 	Diagrama de causa y efecto.	Un cambio principal dentro de un programa de reingeniería industrial y la posibilidad de incluir el proyecto de set up de un proceso.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto.

Cuando se realiza la fase de mejorar de un proyecto de mejora mediante la metodología DMAIC se pretende utilizar toda la información ya definida, medida y analizada para encontrar posibles propuestas que ayudarán a mejor el proceso productivo y así, cumplir con el objetivo general de esta investigación.

Tabla 5.

Metodología para la implementación del proyecto.

Sección	Actividades	Herramientas	Resultados
MEJORAR	<ul style="list-style-type: none"> Establecer una metodología que deben aplicar en todos los procesos de Setup's en el departamento de Grinding de la empresa Tegra Medical. 	Diagrama de Gantt. Kaizen.	Si se implementa la metodología a todos los Setup's, permitirá que cuenten con una viabilidad la cual nos indicará si el proyecto es un éxito o no.

Fuente: Elaboración propia.

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

En la etapa de controlar, tiene como el objetivo de medir y lograr estandarizar los controles propuestos en la fase de mejorar. Simplemente es crear un plan de seguimiento de todos los controles propuestos y crear una continuidad en caso de requerir algún cambio que ocupe durante el proceso de set up.

Tabla 6.

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

Sección	Actividades	Herramientas	Resultados
CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	Indicadores de producción.	Mantener estandarizado las herramientas propuestas y que se estén aplicando de la forma correcta.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: Análisis de causas raíz

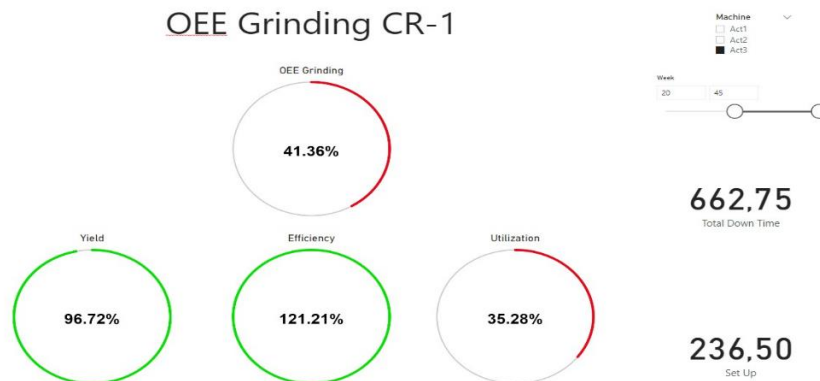
4.1 Situación actual

El presente capítulo muestra el análisis de los datos actuales con los que cuenta la empresa a nivel del alistamiento de material y set up de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060. 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 set up 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.

Figura 13

OEE Grinding CR-1 de las rectificadoras CNA TRIDEX SG-2060.



Fuente: Kaizen Tegra Medical Costa Rica.

Para la empresa Tegra Medical Costa Rica, el set up 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.

Como se puede observar en la figura 13, el OEE de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060 del departamento de grinding de la compañía de Tegra Medical CR-1 que de las últimas 20 semanas el OEE ha sido de un 41% y la utilización en 35%, a donde también nos muestra que de 662.75 horas de down time, 236.50 horas son motivo de setup's.

4.2 Área de producción Grinding

El departamento Grinding de la empresa Tegra Medical posee más de 25 diferentes productos/números de parte (PN) distribuidos en las diferentes máquinas con que cuenta. Cada producto contiene su propio set de herramientas, Fixtures, másters, charts, ángulos generales y programas CNC. Sin embargo, para todos los PN se realiza el mismo flujo de set up; por lo que, para efectos de la investigación del proyecto, análisis, recopilación de datos, propuesta e implementación, se enfatiza únicamente en un número de parte, como representación de todos los productos.

Tabla 07

Rectificadoras Tridex-SG-2060 CNC instalados en el área de Grinding.

Modelo	No.Serie	No.Activo
Tridex SG-2060	G2-0176-A-FT-C	829
Tridex SG-2060	G2-2615-A-FT-C	1492

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad el departamento de Grinding cuenta con dos (2) rectificadoras CNC modelo TRIDEX SG-2060, cuyo detalle se nota en la tabla 7.

Cada modelo de rectificadora CNC trabaja de forma diferente de acuerdo con el número de parte, ya que, tienen diferentes longitudes, ángulos y funcionalidades distintas. En la figura 14 se muestra una imagen de una máquina con las que se trabaja en el presente proyecto.

Por efecto de confidencialidad de la compañía, no se permite detallar los números, la frecuencia y demanda de producción de los productos.

Figura 14

Rectificadora CNC TRIDEX SG-2060

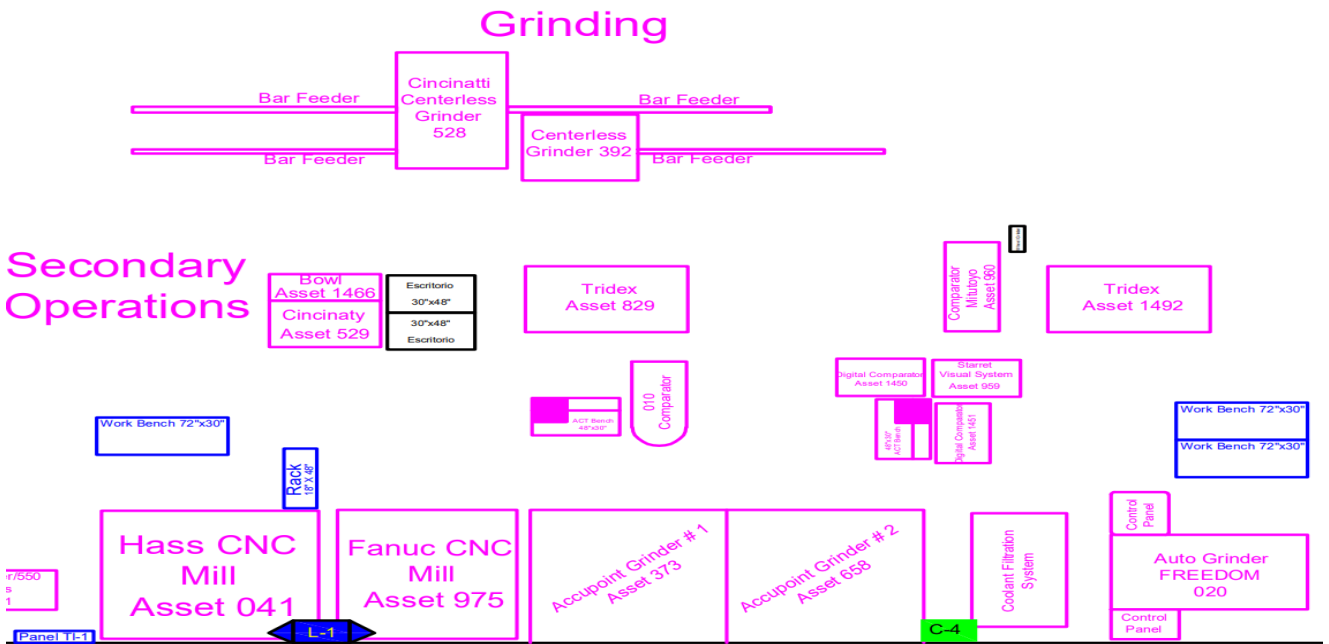


Fuente: MMT (Manufacturing Technologies (2022). ilustración de una rectificadora CNC TRIDEX SG-2060 Recuperado de <https://www.glebar.com/machines/sg-2060/>

En la figura 15 nos indica como se encuentra distribuido las dos (2) máquinas rectificadoras TRIDEX SG-2060 dentro del departamento de grinding CR-1 en la empresa Tegra Medical, lugar a donde se está realizando el actual proyecto. El departamento de grinding es el encargado de las rectificadoras CNC a donde se realizan la operación de rectificado cumpliendo sus respectivos acabados, ángulos y precisas medidas de acuerdo con el producto médico que se encuentre en el proceso.

Figura 15

Layout ubicación del área Grinding.



Fuente: Tegra Medical Costa Rica.

4.3 Proceso de Set up

Cuando se menciona proceso de set up se refiere a una serie de pasos a necesarios antes, para preparar una máquina, sistema o dispositivo para el inicio de algún servicio o producto.

El proceso de set up no abarca solo a la maquinaria, sino también hay una serie de variables relevantes para que un proceso de set up pueda ser llevada con éxito.

4.3.1 Equipos y herramientas necesarias para el proceso set up

Se describe una lista de herramientas de ajuste utilizadas en el proceso de set up; estas herramientas fueron descritas por los técnicos mecánicos de precisión como las indispensables para la ejecución de un set up.

En la siguiente tabla 08 nos indica las diferentes herramientas utilizadas para realizar un set up de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060, a donde muchas de las herramientas no se encuentran en un lugar ordenado y sin identificar.

Tabla 08

Herramientas de ajuste.

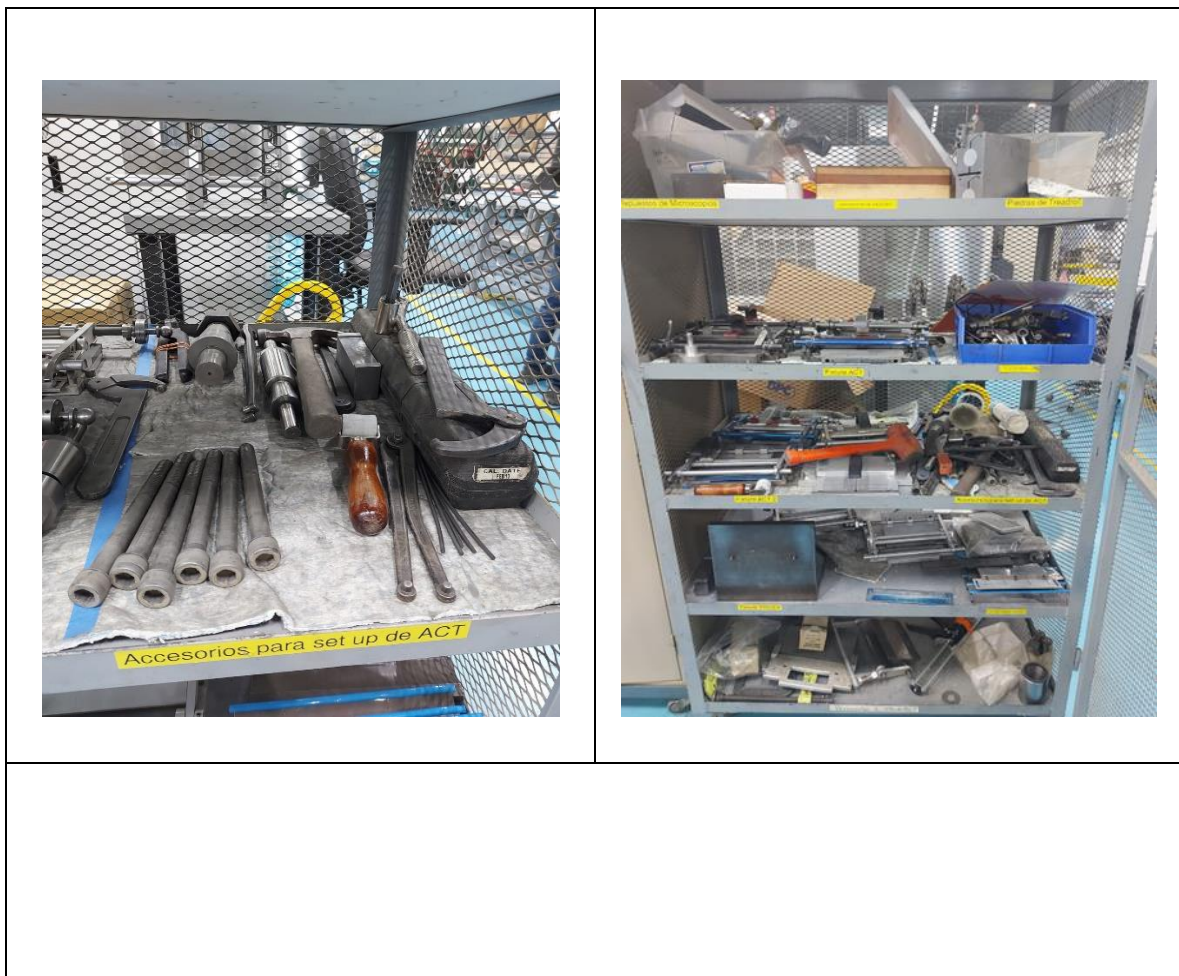
#	Herramientas de ajuste		
1	Llaves Allen en pulgadas	9	Llave para bloqueo de la piedra rectificadora
2	Llaves Allen en milímetros	10	Piedra India
3	Mazo de Hule	11	Paralela de Nylon

4	Mazo de hierro	12	Hule
5	Cinta	13	WD-40
6	Ratchet	14	Balanza
7	Cubo Hexagonal 29mm	15	Llave francesa
8	Extensión para ratchet	16	Rejoj Indicador

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16

Fotos de herramientas en general para la ejecución del set up.



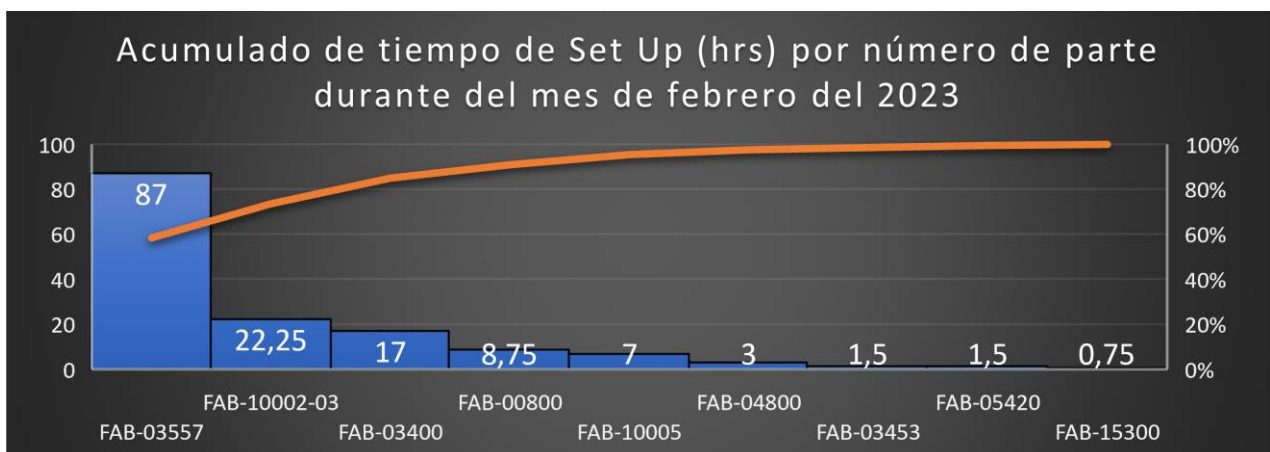


Fuente: Elaboración propia. [Figuras capturadas en Tegra Medical Costa Rica]

4.3.2 Flujo de Proceso

Figura 17

Acumulado de tiempo de set up (hrs) por número de parte durante el mes de febrero del 2023.






Fuente: Tegra Medical Costa Rica.











Con base en el análisis de la figura 17 se eligió el número de parte FAB-03557 como el set up más realizado del mes de febrero del 2023 y mediante la observación en las máquinas rectificadoras CNC Tridex SG-2060, el proceso de set up actual se representa en el siguiente diagrama de operaciones de proceso y con sus respectivos tiempos actuales. Cabe resaltar que cada técnico mecánico de precisión realiza un procedimiento de set up de acuerdo con la manera que considere más rápido y mejor el orden de las operaciones, ya que la instrucción de trabajo de set up para cada número de parte únicamente detalla los tipos de equipos, programas, materiales a usar y alguna información de recomendación adicional esencial para realizar el set up. Por tiempo y horarios programados para los setup's, el tiempo estimado representa el tiempo promedio de cuatro setup's.




Tabla 09

Diagrama de operaciones vs. Tiempo promedio por operación.

#	Descripción de la actividad	Tipo de operación	Tiempo Tomado (Min)
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo		5
2	Se mueve el material desde el estante de materia prima por procesar a la estación de la máquina		2
3	Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess)		5

4	Verificación del Doc CR-REC-1242		2
5	Se buscan las herramientas de la máquina y suministros (las más importantes y/o comunes)		45
6	Concentración del Coolant		5
7	Cambio y búsqueda de Fixture, Chart y el máster		14
8	Desmontar piedra actual		22
9	Balanceo de la piedra nueva		60
10	Montaje de la piedra nueva		22
11	¿Se cambia la piedra?		
12	Se realiza las operaciones 8,9 y 10	SÍ	
13	Se continua con la operación 14	NO	
14	Se carga el programa en la máquina Tridex		2

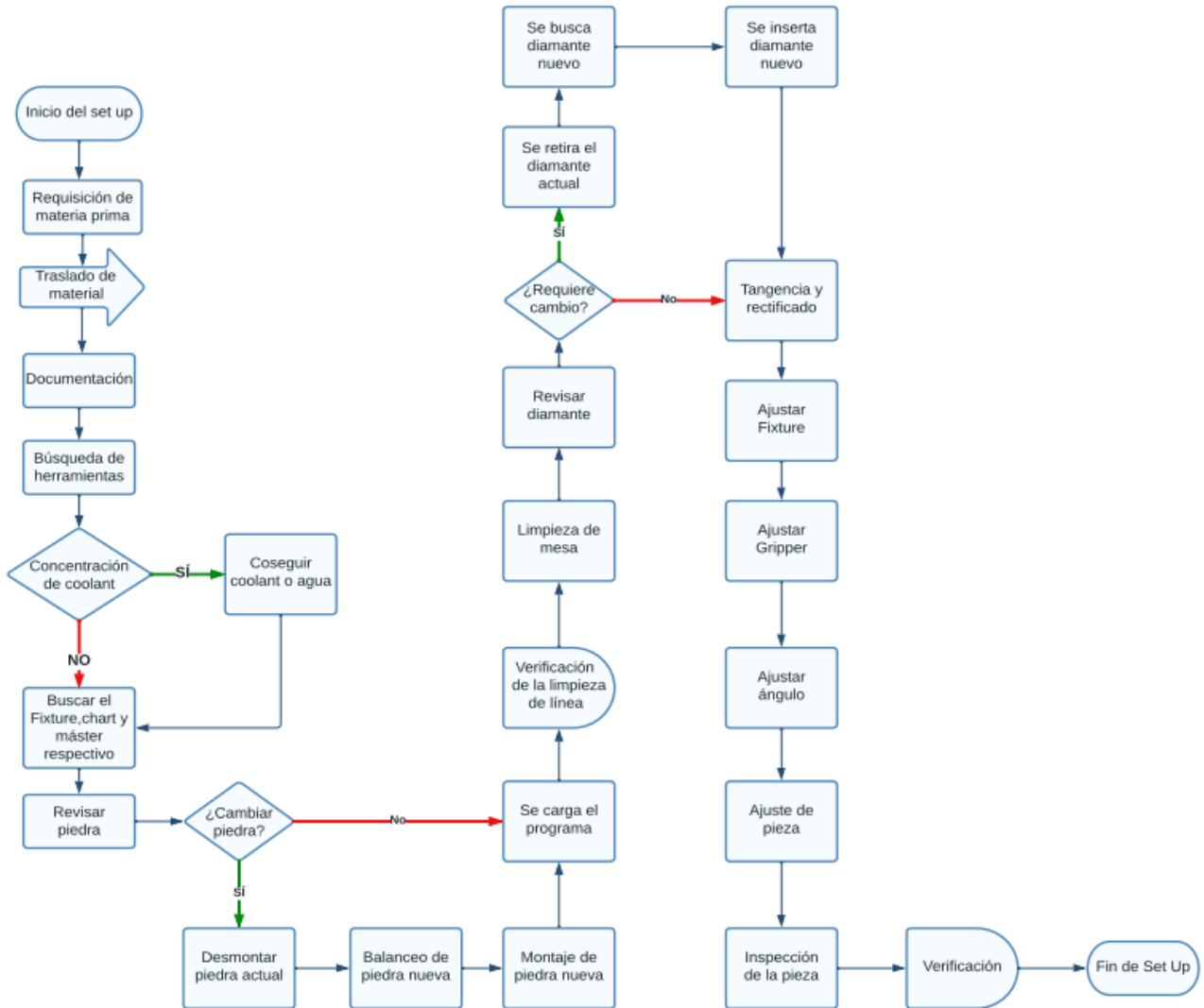
15	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.		6
16	Se procede con la limpieza de la mesa de la máquina con una piedra india y WD-40		15
17	Se busca el diamante		2
18	Se retira el diamante actual		1
19	Se inserta el nuevo diamante		1
20	Se realiza la tangencia y el rectificado		7
21	¿Se cambia el diamante?		-
22	Se realiza las operaciones 17, 18,19 y 20	SI	-
23	Se continua con la operación 24	NO	-
24	Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte		18
25	Ajuste de Gripper		8
26	Ajuste de ángulo		19

27	Ajuste de la pieza fabricada		6
28	Se inspecciona completamente la pieza fabricada		3
29	Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)		5
30	Una vez la verificación de la primera pieza quedó aprobada, se da por concluido el Set up.	-	-
Total de hrs del Set Up			4hrs 35min

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18

Diagrama de flujo del proceso de set up.



Fuente: Elaboración propia.

Con base de la tabla 09 del diagrama de operaciones, el proceso de set up presenta operaciones relacionadas al ajuste, búsqueda de herramientas y cambio de piedra lo que genera una suma significativa de tiempo muerto, además al no tener una

secuencia estándar en el proceso de set up, este extiende su tiempo de ejecución al no realizar tareas conjuntas, así como tampoco secuenciales. Además, de acuerdo con la compañía, no hay un tiempo definido para el proceso de set up como tal, por lo que nunca se había contemplado el costo de este, hasta este año en que los costos del proceso del departamento de grinding como tal aumentaron 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 promedios aproximados a los montos reales.

Además, cada técnico tiene una jornada laboral de ocho (8) horas diarias, sin embargo; como reglamento de la empresa cada trabajador tiene derecho de cumplir las pausas obligatoriamente durante su jornada laboral.

De acuerdo con la información de la tabla 10, que muestra los tiempos de descanso obligatorios y las pausas activas que son establecidas por la compañía; al momento de realizar el proceso de set up, el tiempo y el costo operacional varía depende del inicio del set up, por motivo de los tiempos de descanso y las pausas activas.

Tabla 10

Tiempos de descanso establecidos por la empresa.

Actividad	Tiempo (Min)
Reunión inicial	15
Desayuno/Café	15
Necesidades básicas (llenar la botella de agua, lavado de dientes y necesidades fisiológicas)	30 (Tiempo promedio)
Pausas Activas	15
Almuerzo/Cena	30
Tiempo de cierre permitido para marcar antes de la hora de salida	15

Fuente: Elaboración propia.

Los técnicos elegidos para realizar setup's, su costo operacional promedio por hora es de ₡3000 (dato provisto por el supervisor de producción).

Tabla 11

Costo total del set up actual.

Descripción	Tiempo	Costo
Tiempo aproximado de set up	5:00 horas	₡15.000

Tiempo para necesidades estipuladas por la empresa	1 hora por turno	€3000
Tiempo Total	6:00 horas	€18.000

Fuente: Elaboración propia

Con base de la tabla 11, se logra demostrar el costo estimado de un set up es de aproximadamente €18.000. Según el supervisor de producción por mes se realizan en promedio 15 setup's, lo que generaría un costo operacional total aproximado de €270,000.00.

4.4 Determinar las posibles causas raíz de un proceso de set up con tiempo variable indefinido.

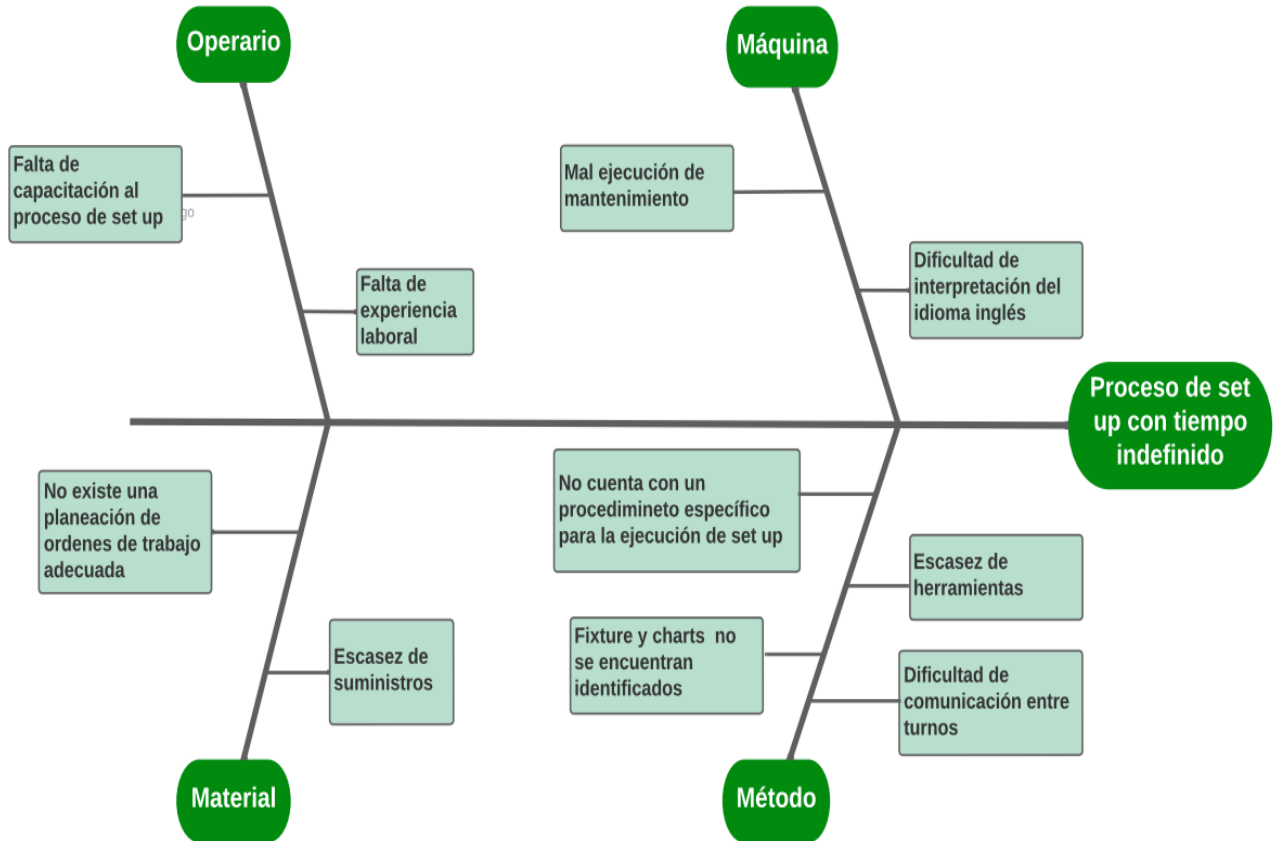
Como base del proyecto de la situación actual dentro del área de grinding de Tegra Medical, se realizan diferentes reuniones con el personal para determinar las posibles causas raíz que impactan directamente al tiempo del proceso de un set up.

Estas observaciones se centran en las siguientes variables de estudio:

- Operario
- Máquina
- Material
- Método.

Figura 19

Análisis de causas del proceso de set up con tiempo indefinido.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Operario

4.4.1.1 Falta de capacitación al proceso de Set up.

Los técnicos de precisión en el departamento de grinding de Tegra Medical CR-1, los operadores de las rectificadoras CNC Tridex SG-2060, reciben un entrenamiento ligero y básico durante la capacitación.

Para poder ejecutar un set up con éxito, se debe adquirir un conocimiento a nivel técnico y habilidad con la maquinaria, así como también su composición, por lo que, si no tiene el conocimiento suficiente, podría llegar a dificultar la operación y por ende generar un mayor tiempo durante el set up.

Por lo tanto, la capacitación es considerada como posible causa raíz del problema.

4.4.1.2 Falta de experiencia laboral

Actualmente en el departamento de Grinding de la empresa Tegra Medical Costa Rica, el 50% de los técnicos de precisión que realizan set up, no cuentan con el nivel suficiente de conocimiento para realizar un set up completo para las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060, ya que la mayoría cuentan con su primer empleo.

Obtener la experiencia para las rectificadoras CNC es clave para realizar un set up, ya que son máquinas de gran precisión y de mucha atención.

Por lo que esta causa raíz se toma parte de la causa raíz de falta de capacitación para realizar set up.

4.4.2 Máquina

4.4.2.1 Mal ejecución de mantenimiento

Al no cumplir con sus mantenimientos al día (diario, mensual, anual, bianual) podría ocurrir graves problemas en la máquina y a la misma manera generar tiempo muerto.

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 a cabo una justificación del porque no se realiza, así como también como afecta esto al equipo.

Al no aplicar un correcto mantenimiento, las máquinas podrían generar fallas más continuamente, variación de ajuste y en muchas ocasiones hasta detener la máquina.

Por lo que, el mantenimiento se considera como causa irrelevante al problema.

4.4.2.2 Dificultad de interpretación del idioma inglés

Todas las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060 el panel de control, el Software y el manual vienen con el lenguaje inglés, por que dificulta interpretar los comandos por parte de los técnicos de precisión.

Para el puesto de trabajo de mecánica de precisión, el nivel de inglés requerido es básico, sin embargo, las máquinas utilizan un lenguaje de inglés técnico y para entenderlo se debe tener experiencia con el equipo.

Esta posible causa se toma como parte de la causa de falta capacitación.

4.4.3 Material

4.4.3.1 No existe una planeación de ordenes de trabajo adecuada

La planeación del centro de trabajo cambia diariamente de acuerdo con las prioridades de producción.

En el departamento de Production planner que son los encargados de organizar la distribución de los centros de trabajo para cada departamento de la empresa Tegra Medical. En muchas ocasiones tienen una mala organización con las ordenes de trabajo, ya que no cuentan un plan de trabajo fijo a seguir y los técnicos de mecánica de precisión al terminar el lote tienen que preguntar cuál es el siguiente número de parte para realizar el siguiente set up, por esa razón causa contribuyente a la inflación del tiempo de set up, ya que en ocasiones el técnico tiene que estar consultando y buscando el siguiente número de parte, para iniciar el set up.

Esta causa se considera como contribuyente y no posible causa raíz ya que la solvencia de este problema disminuye en un pequeño porcentaje el tiempo general de set up.

4.4.3.2 Escasez de suministros

El proceso de set up de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060, se requieren de un conjunto de suministros como: tornillos, hules, tuercas, filtros, cinta masking, WD-40, etc.

La mayoría de los suministros utilizados para ejecución del set up se ubican en el área de bodega, la cual pertenece al segundo edificio de Tegra Medical (CR-2), que se encuentra localizado a unos escasos 100m del primer edificio de Tegra medical (CR-1), en donde se encuentra el área de Grinding.

El traslado entre ambos edificios para la búsqueda de suministros puede generar demoras y tiempos muertos en el proceso de set up.

4.4.4 Método

4.4.4.1 No cuenta con un procedimiento específico para la ejecución de set up

Actualmente la instrucción de trabajo para realizar el set up en una máquina rectificadora CNC TRIDEX SG-2060 no es tan específico, no detalla todas las tareas y ajustes por realizar.

La explicación del procedimiento para la realización de un set up es contemplado un punto crítico para su ejecución, por lo que al no existir un documento físico que guíe paso a paso del proceso, afecta directamente al tiempo general del set up, ya que se deja abierta la puerta a diversas maneras de ejecución.

4.4.4.2 Fixture y charts no se encuentran identificados

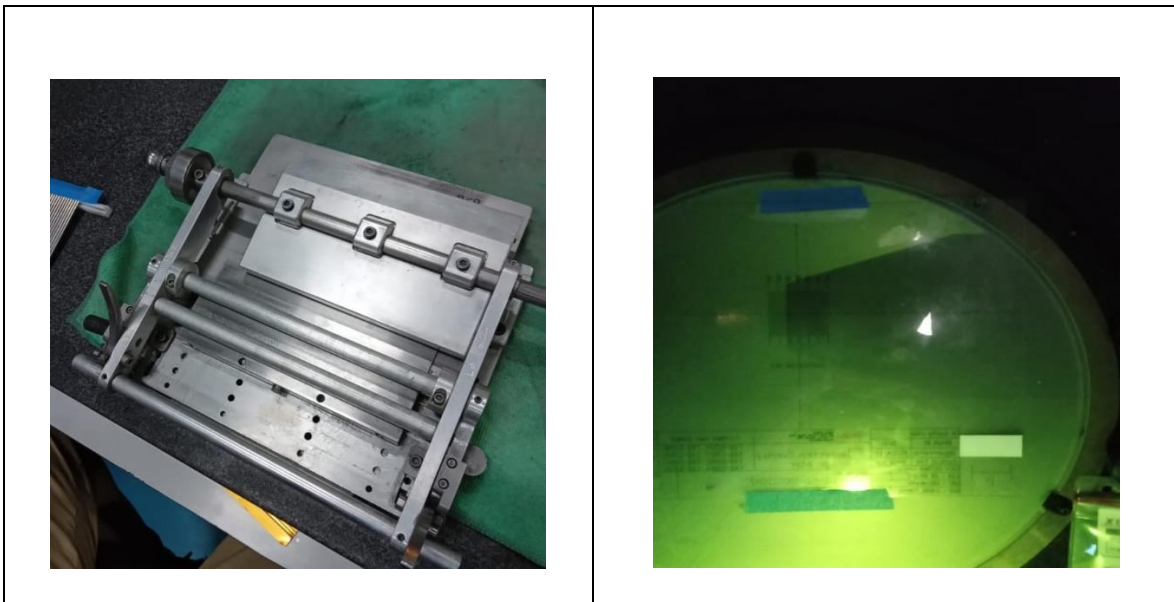
Las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060 requieren de un fixture según el número de parte, que cumple con la función para sujetar y posicionar las piezas de trabajo de manera segura y precisa durante el proceso de rectificado.

Para el proceso de set up de las rectificadoras CNC no solo requiere de fixture, sino también de charts que brinda una representación visual, calibrada, que facilita la comprensión y análisis si el producto cuenta con sus respectivas tolerancias.

Los fixtures y los charts no se encuentran identificados acuerdos de los diferentes números de parte que existen, por lo que hace que la búsqueda se dificulte, incrementando el tiempo de operación y también el costo de la operación del set up.

Figura 20

Ejemplo de fixture y chart.



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

4.4.4.3 Escasez de herramientas

Para que un proceso de set up sea efectivo de la mejor manera, se quiere de obtener las herramientas necesarias, que se encuentren en un buen estado, identificadas y ubicadas lo más cercado a la máquina.

Los técnicos de mecánica de precisión cada uno cuenta con una caja de herramientas personal, pero con herramientas básicas (llaves allen, bolígrafo, calculadora y pilot), muchos de ellos las llaves allen que son muy utilizadas las tienen incompletas, las demás herramientas se encuentran en área de Grinding no identificadas y otras herramientas tienen que pedir prestado a otra área, a donde esta causa genera tiempos muertos.

4.4.4.4 Dificultad de comunicación entre turnos

Los técnicos de mecánica de precisión no cuentan con un canal de comunicación directa con el técnico del siguiente turno, por lo que esto ocasiona que muchas veces se repitan las tareas de set up o no se realice alguna, que quedaría en evidencia hasta que la máquina se encuentre produciendo.

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 set up.

4.4.5 División de problemas por causa.

En la siguiente tabla 12, nos muestra la división y el total de problemas por causa.

Los siguientes problemas fueron elegidos y observados durante la realización de diferentes setup's.

Tabla 12*Total de problemas por causa.*

Causa	Problema visto durante el set up	Total de problemas
Capacitación	No hay procedimiento adecuado para realizar un set up.	3
	El plan de entramiento es muy básico.	
	Dificultad de entender el 100% el idioma de las máquinas.	
Procedimiento	No existe un orden estandarizado a seguir para realizar un set up.	5
	Los programas se modifican y no se guardan.	
	Los mecánicos realizan las tangencias de forma distintas.	
	No existe un procedimiento en como balancear una piedra.	
	El balanceo de la piedra varía entre los mecánicos	
Herramientas	Hay un solo set de herramientas manuales	7
	Las herramientas utilizadas para realizar el set up, están incompletas.	
	No hay identificación de herramientas.	

	Los fixtures no se encuentran identificados.	
	Escasez de repuestos de tornillos, hules, tuercas y paralelas de nylon.	
	Los relojes indicadores están dañados.	
	No hay identificación de los tipos de medidas de los másters.	
Área de trabajo	El área donde encuentran las herramientas esta desordenado y con cosas que no pertenecen al área.	
	Las cajas de herramientas de los mecánicos se encuentran en la misma mesa de trabajo, lo cual incomoda al momento de realizar set up.	2
Comunicación	Ausencia de comunicación al cambio de turno.	
	Algunos mecánicos se brincan pasos del set up.	3
	No existen datos de medidas específicos para cambio de piedra y los pines de los fixtures.	

Fuente: Elaboración propia.

4.4.6 Clasificación de las causas

En esta sección se clasificaron las causas que se identificaron en el Diagrama de Causa y Efecto según su grado de impacto, con el fin de seleccionar las causas más significativas en cuanto a la problemática de asignación de recursos a entidades.

En la próxima tabla 13 indica el nivel de afectación de las causas que altera el proceso de set up. La clasificación se realizó desde nada, que equivale a uno (1) a demasiado con un valor de cinco (5).

Con la ayuda de los datos anteriores se realiza una encuesta con el personal que realiza los setup's y junto con la jefatura del departamento de grinding, al cual se le asignó el peso respectivo a cada causa, para priorizar cuál es la causa que más afecta.

Tabla 13

Los valores de peso establecido a cada causa.

Nivel de afectación	Valor de afectación
Nada	1
Muy poco	2
Poco	3
Mucho	4
Demasiado	5

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Evaluación de las causas raíz.

Es importante analizar las causas para obtener una mayor comprensión de los diferentes factores del proceso que no son los apropiados e implementar soluciones para reducir la afectación del problema y elegir la mejora significativa en el proceso de set up. En la tabla 14 muestra el total de los resultados obtenidos de la encuesta.

Tabla 14

Priorización de causas.

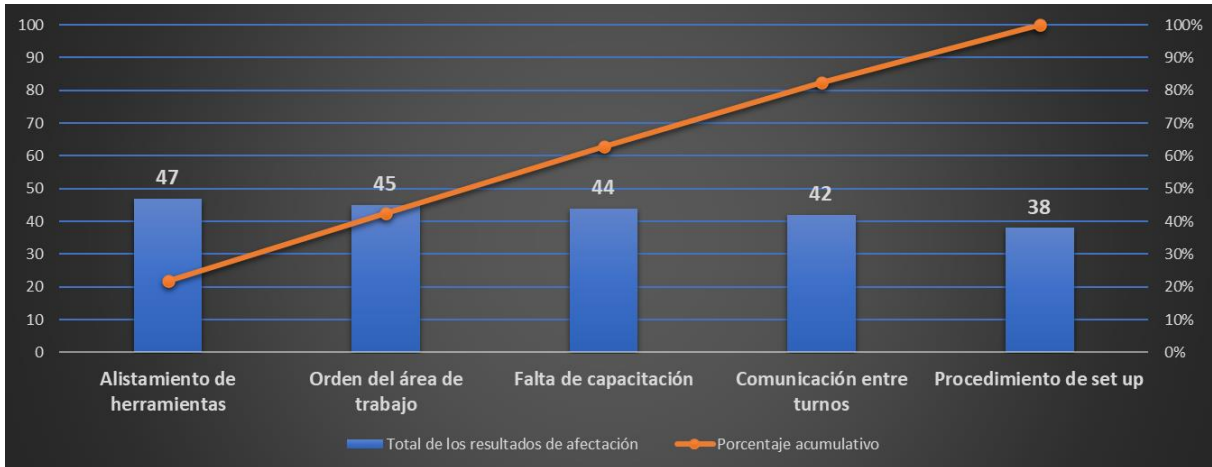
CAUSAS DE AFECTACIÓN PARA LAS RECTIFICADORAS CNC-TRIDEX EN EL ÁREA DE GRINDING		
Causa	Total de los resultados de afectación	Porcentaje acumulativo
Alistamiento de herramientas	47	22%
Orden del área de trabajo	45	43%
Falta de capacitación	44	63%
Comunicación entre turnos	42	82%
Procedimiento de set up	38	100%

Fuente: Elaboración propia.

Al obtener los datos anteriores de la tabla 14, se realizó un gráfico de las causas del problema.

Figura 21

Gráfico Pareto de causas en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

4.6 Resultados del diagnóstico

Al interpretar la figura 21 el gráfico de Pareto, indica que solucionando el 20% de las causas determinadas, se estará contrarrestando al 80% de las actividades afectadas, así que se debe priorizar en solucionar las causas. Las causas nos proyectan que es necesario una metodología la cual incluya los aspectos: análisis previos, estudios de alistamiento de herramientas y la falta de capacitación. Así se reduce el orden del área de trabajo y procedimiento de set up.

CAPÍTULO 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 Tegra Medical en el departamento de grinding CR-1, se plantean propuestas de mejora al proceso actual de set up.

Primero se establece 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 set up, a la vez creando un tiempo estándar que permita disminuir 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 implementar la solución de los dos problemas encontrados del análisis de causas, es necesario destacar que herramientas son las más adecuadas para solucionar el problema actual de la empresa Tegra Medical del departamento de grinding CR-1.

En la tabla 15 se catalogan las mejores herramientas de manufactura que se pueden utilizarse para los problemas identificados.

Tabla 15.

Lista de herramientas de Lean Manufacturing.

Herramientas de Lean Manufacturing	
TPM	Jidoka
5'S	Just in time
SMED	Poka Yoke
Kanban	Reingeniería de Procesos (RP)
Kaizen	Teoría de Restricciones (TR)

Fuente: Rajadell (2010). Edición propia. Recuperado de: https://books.google.co.cr/books?id=IR2xqsdmdUoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

En base de la tabla 15, todas las herramientas disponibles, se debe destacar cuales serán útiles para la solución de problemas y el planteo de propuestas de mejora. No se pueden elegir 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.

Al implementar un cambio total a nivel de todos los productos fabricados por la operación de las rectificadoras CNC Tridex SG-2060 del departamento de grinding y con la aplicación de todas las herramientas de manufactura esbelta sería un escenario efectivo para mejorar por completo la metodología de trabajo de la

compañía, 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 consiste en asignar un puntaje de 0 a 5 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 5 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 4 o 5 únicamente.

Respetando los criterios definidos, se procede con la matriz de enfrentamiento con la ayuda de la jefatura del departamento de grinding para determinar las herramientas de Lean Manufacturing al utilizar.

Tabla 16

Matriz de Causas críticas vs herramientas Lean Manufacturing.

Matriz Causas críticas vs. Heramientas Lean Manufacturing											
Problemas identificados	5´S	Jidoka	Kaizen	TPM	Kanban	Jus in time	Poka Yoke	Smed	RP	TR	Resultados
Metodología de trabajo ineficiente	4	0	5	0	3	0	3	5	4	0	5´S,Kaizen,SMED y RP
Procesos de set up no estandarizados.	4	0	5	0	3	0	1	5	5	0	5´S,Kaizen,SMED y RP
Logística de herramientas deficiente	2	0	4	0	0	4	2	5	5	1	JIT,Kaizen,SMED y RP

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo de los resultados de la tabla 16 se indica las herramientas más efectivas para implementar propuestas de mejoras del proyecto actual como son Kaizen, JIT,SMED 5´S Y RP.

Sin embargo, no es posible realizar una reingeniería de procesos (RP), debido a que se necesita mayor conocimiento del proceso involucrado; además, de que por motivos de limitaciones internas de la empresa una reingeniería de procesos (RP) 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 almacenamiento de las herramientas en general y suministros durante el set up a través de la metodología JIT.
- Aplicar una herramienta para verificar y controlar el orden del área de trabajo por medio de la metodología 5'S.
- Uso de la técnica SMED para la definición de la estrategia a seguir durante la ejecución de un set up.
- Implementar una herramienta para la verificación y seguimiento del set up antes de iniciar con el run up.

El problema principal de la falta de método de trabajo se mejora con la metodología 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 set up de tal forma en que el proceso disminuya costos, tiempos y que la empresa sea competitiva frente al resto de competidores en el mercado.

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

Al obtener los objetivos definidos que la compañía continuará para mejorar sus indicadores de productividad, es esencial que el personal conozca y este comprometido con las aspiraciones de la empresa para cumplir 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 set up.

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 set up 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 la metodología 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 17 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.

Tabla 17.

Cronograma de capacitación al personal técnico de precisión.

Actividad	Fecha de realización: febrero-marzo 2023						
	16/02	20/02	23/02	27/02	02/03	06/03	09/03
Reunión de apertura	✓						
Introducción a SMED Parte 1		✓					
Introducción a SMED Parte 2			✓				
Introducción de Kaizen				✓			
Aplicación de SMED y KAIZEN (Caso práctico)					✓		
Capacitación sobre el empleo de SMED en un set up						✓	
Segundo caso práctico enfocado en un set up de grinding.							✓

Fuente: Elaboración propia.

Se le debe instruir al personal sobre las metodologías de trabajo que serán implementadas a través de ejemplos expositivos de como estas herramientas de mejoras ayudan en el sistema de producción de una empresa, desde el primer paso de cada manufactura la cual es el set up, con el fin de que los técnicos de precisión también cumplan con 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 realizarán los cambios realizados en los lugares de trabajo, los cuales deben estar ordenados, identificados y eliminar todo tipo de elemento que no sea necesario para la operación del set up.

Con el personal comprometido con los objetivos generales de la empresa, se asegura un ambiente laboral favorable para que los cambios de mejoras propuestos a implementar den los resultados expectativos y que se logre seguir con la metodología de trabajo bajo un enfoque de mejora continua.

5.3 Propuesta para el almacenamiento de las herramientas generales y suministros para el proceso del se up.

En el capítulo IV nos indica que una de las causas que afecta al proceso del set up es el alistamiento de herramientas.

El uso de las herramientas es un punto crucial para el desarrollo y conclusión de un set up, debido a que actualmente la mayoría de no-conformidades (NCR) generadas en el área son por dimensiones fuera de tolerancias, tienen como causa raíz el mal ajuste del set up.

5.3.1 La situación actual del manejo de las herramientas y suministros.

En el departamento de grinding de CR-1 durante todo el tiempo que ha estado laborando, no se habían interesado por implementar una metodología de control de herramientas y suministros (tuercas, tornillos, hules y paralelas)

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 set up, lo que contribuye a que el tiempo de set up se incremente cuando se realizan dos setup's al mismo tiempo o cuando se pierden las herramientas.

Además, la organización de suministros no es el correcto, ya que la mayoría se encuentran en la bodega del segundo edificio de Tegra Medical (CR-2) y los mecánicos tienen que dejar el set up detenido para ir en búsqueda de algún suministro necesario o en muchas ocasiones se ha visualizado que, por no ir hasta el otro edificio, no realizan el cambio del suministro y podría ocasionar variaciones durante el proceso de fabricación del producto.

5.3.2 Herramientas y suministros a utilizar.

Para esta situación identificada como una de las principales causas raíz, se utilizarán diversos gabinetes para la clasificación de herramientas y suministros que, junto con la metodología de manufactura esbelta, Just in time (JIT) o en su traducción al español "Justo a Tiempo" crearán el escenario idóneo para el almacenamiento, control de todas las herramientas y suministros necesarias para realizar un set up efectivo.

Esta metodología de trabajo, una vez implementada, otorga un ambiente de trabajo en donde las herramientas y suministros requeridas llegan “justo a tiempo”, esto quiere decir, que las herramientas y el stock de suministros llegan poco antes de que se usen y en las cantidades necesarias, lo cual permite reducir cualquier atraso, 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 y a la misma manera eliminar totalmente el tiempo perdido por el alistamiento de herramientas y en búsqueda de suministros, ya que los técnicos no tienen que ir hasta el otro edificio.

5.3.3 Estrategia de control de las herramientas y el stock de suministros.

Es fundamental 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.

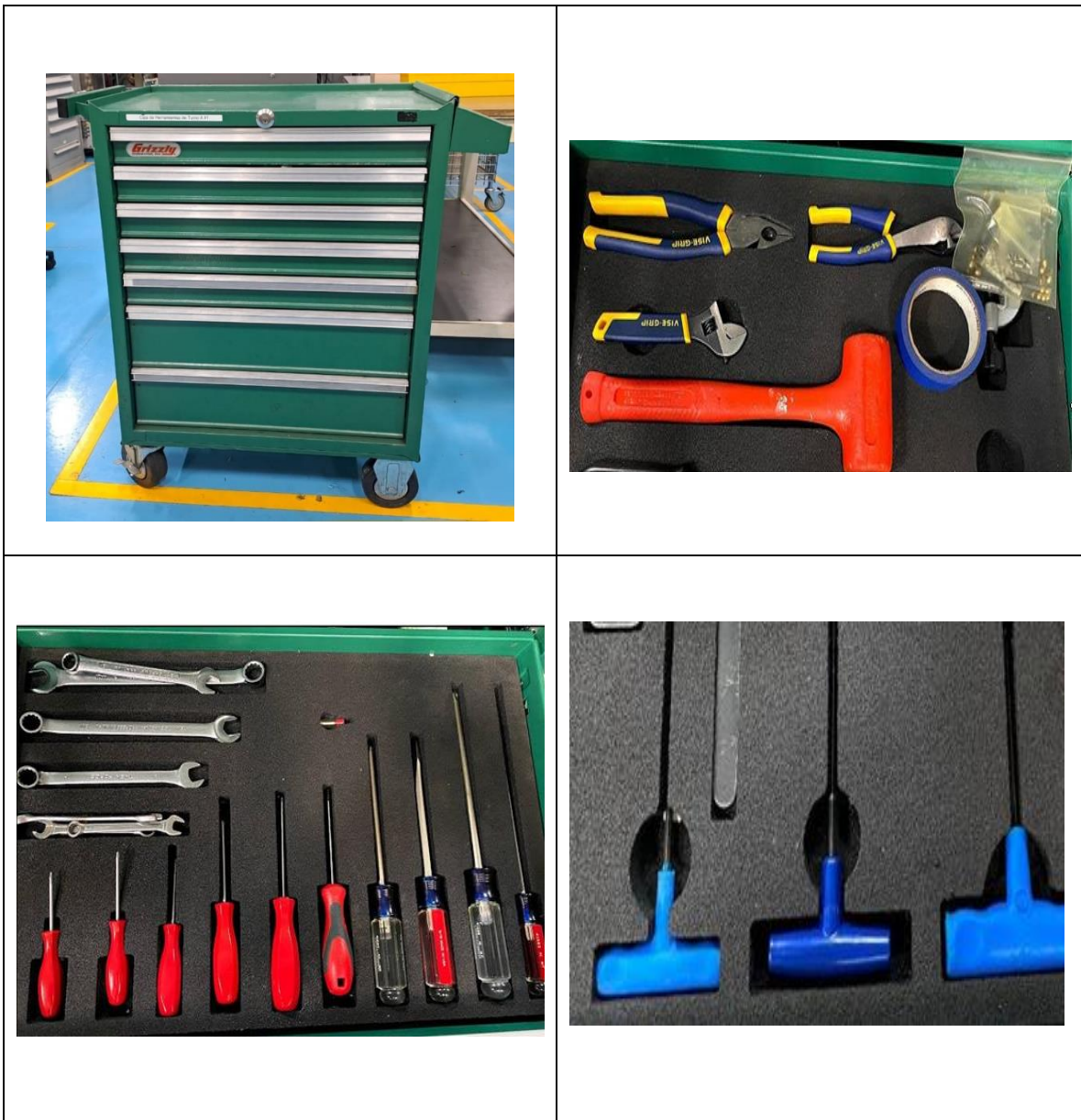
5.3.3.1 Herramientas de ajuste y el stock de suministros.

Todas las herramientas de ajuste y suministros interactúan en primera línea con el proceso de set up, por lo que se considera necesario obtener un gabinete adecuado para setup's, el cual cuente con todas las herramientas y un stock de suministros necesarios para la realización del proceso del set up.

El gabinete o también llamado carrito de setup's, es un gabinete con llavín de seguridad, el cual será utilizado únicamente por la persona encargada de realizar el set up, autorizándose como único responsable por el cuidado de las herramientas y el control de los suministros que el carrito contiene. Ver foto en figura 22.

Figura 22

Gabinete de herramientas.





Fuente: Elaboración propia.

La expectativa del gabinete de set up, es reducir al 100% el tiempo perdido en la búsqueda de herramientas y suministros durante el proceso del set up de las rectificadoras CNC TRIDEX SG-2060.

En la tabla 18 se muestra la comparación de la situación actual y la propuesta con la implementación del gabinete de herramientas para setup''s.

Tabla 18.

Análisis de tiempos muertos por búsqueda de herramientas y suministros.

	Tiempo actual (Min)	Propuesto (Min)
Tiempo promedio en set up detenido por búsqueda de herramientas y suministros.	45min	0min

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo promedio en un set up detenido por la búsqueda de herramientas y suministros era de 45min por set up. Se estima que, con la propuesta de esta

herramienta de trabajo, el tiempo de demora por la búsqueda de las herramientas se reduzca a un 100%.

El carrito de setup's se adquirió sin algún costo, por motivo que fue donado por el departamento de citizen de Tegra Medical CR-1, ya que contaban con 7 carritos en el lugar y se logró desocupar uno para utilizarlo en el área de grinding especialmente para las rectificadoras CNC Tridex SG-2060 para el almacenamiento de las herramientas y suministros generales para el proceso del set up y la espuma utilizada para el acomodo de las herramientas es reutilizada.

La empresa al no contar con un porcentaje de reducción establecido, se considera este porcentaje de reducción como ganancia, además facilitando el trabajo a los mecánicos de precisión, ya que no tendrán que detenerse por andar buscando herramientas o suministros; sin embargo, esto se evidencia hasta validar los datos obtenidos en el plan piloto.

Tabla 19.

Costo del gabinete de setup's.

	Costo
Gabinete de herramientas	¢ 00,00
Espuma	¢00,00

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Propuesta de herramienta para verificar y controlar el orden del área de trabajo.

Una de la causa raíz del problema encontrado, es la ausencia de un control que audite el orden del área de trabajo.

La implementación es mantener el orden en el área de grinding, para que cada inicio de turno y durante el set up mantener un orden adecuado a donde facilita la búsqueda y una efectiva ejecución de trabajo.

Para esta situación identificada como causa contribuyente a la causa raíz, se utilizará la herramienta “Hoja de control”, creando un control de orden y estandarizar la metodología 5´S en el área de trabajo.

Es importante destacar que la ejecución de esta hoja de control no genere ningún costo a la compañía, ya que se va a utilizar una hoja de control emplastificada en cada puesto de trabajo, para evitar el gasto de papel y el costo de las hojas, el emplastificado y la tinta de impresión se cubre con el presupuesto de suministros de la empresa, el cual no es controlado.

5.4.1 Hoja de control de orden y limpieza en el área de trabajo.

A continuación, en la tabla 20 se presenta la hoja de control para el controlar el orden en el área de trabajo, el cual será ejecutado por cada mecánico de precisión cuando inicie el inicio del turno.

La logística de esta hoja de control es ir verificando que el orden y la limpieza del puesto de trabajo cumpla con los requisitos de la hoja de control y de la misma manera estandarizar un orden adecuado.

Tabla 20.

Hoja de control de orden y limpieza en el área de trabajo.

Control Diario De Limpieza Grinding

Turno A	Sí	No	Observaciones
El material y todos los elementos sobre la mesa se encuentran en el lugar indicado.			
Máquina se encuentra limpia: puertas, panel y la mesa de la máquina.			
El piso se encuentra libre de residuos (Derrames de aceite, coolant o agua)			
Las demarcaciones en las mesas se encuentran en buen estado.			
El bin de scrap se encuentra vacío sin residuos de material.			
El check list del set up está completo.			
El 3pan system se encuentra identificados.			
El fixture se encuentra libre de residuos y en su lugar indicado.			
			Firma/Fecha:

Turno B	Sí	No	Observaciones
El material y todos los elementos sobre la mesa se encuentran en el lugar indicado.			
Máquina se encuentra limpia: puertas, panel y la mesa de la máquina.			
El piso se encuentra libre de residuos (Derrames de aceite, coolant o agua)			
Las demarcaciones en las mesas se encuentran en buen estado.			
El bin de scrap se encuentra vacío sin residuos de material.			
El check list del set up está completo.			
El 3pan system se encuentra identificados.			
El fixture se encuentra libre de residuos y en su lugar indicado.			
			Firma/Fecha:

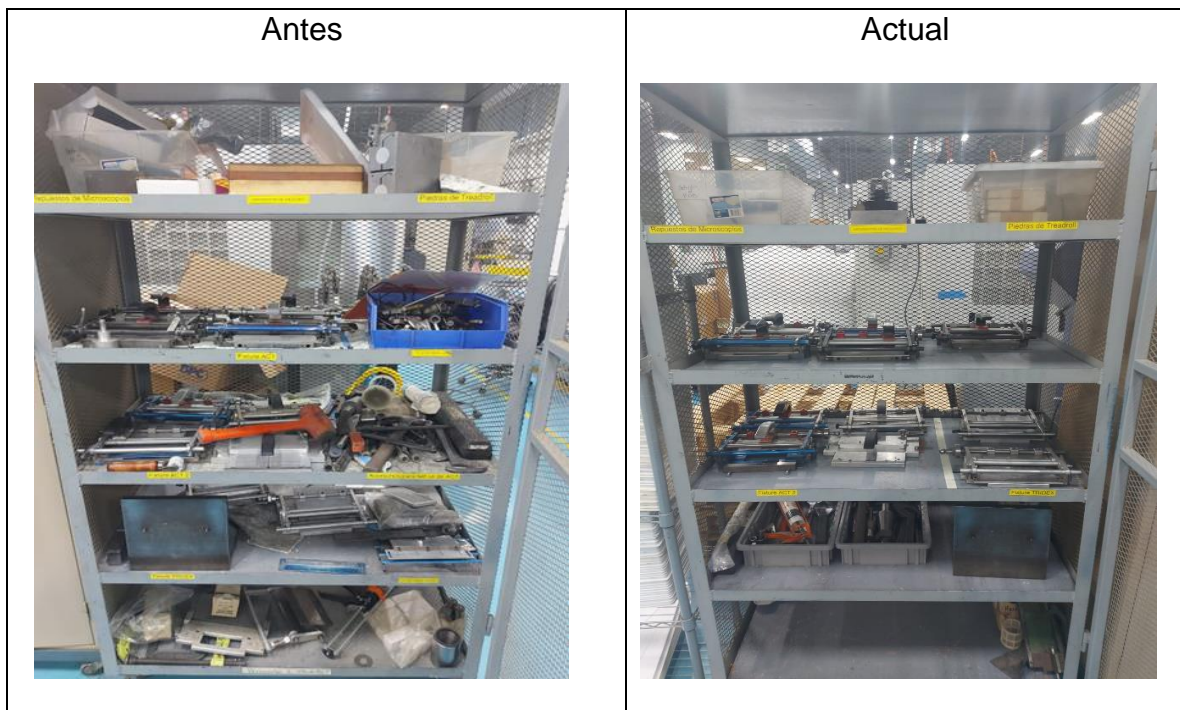
Turno C	Sí	No	Observaciones
El material y todos los elementos sobre la mesa se encuentran en el lugar indicado.			
Máquina se encuentra limpia: puertas, panel y la mesa de la máquina.			
El piso se encuentra libre de residuos (Derrames de aceite, coolant o agua)			
Las demarcaciones en las mesas se encuentran en buen estado.			
El bin de scrap se encuentra vacío sin residuos de material.			
El check list del set up está completo.			
El 3pan system se encuentra identificados.			
El fixture se encuentra libre de residuos y en su lugar indicado.			
			Firma/Fecha:

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra resultados de mejoras en el orden de trabajo, a donde nos facilita obtener un ambiente laboral estable y realizar un set up más efectivo, evitando los tiempos muertos de búsqueda.

Figura 23

Resultados de mejoras de orden en el área de grinding CR-1.





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

5.5 Propuesta para aplicación del método de set up con la metodología SMED.

El proceso de set up en el área de grinding contiene muchas variables dependientes e independientes en donde todas son críticas para generar un set up efectivo; sin

embargo, estas variables se pueden dividir en tipos de set up, en donde de acuerdo con un orden asignado.

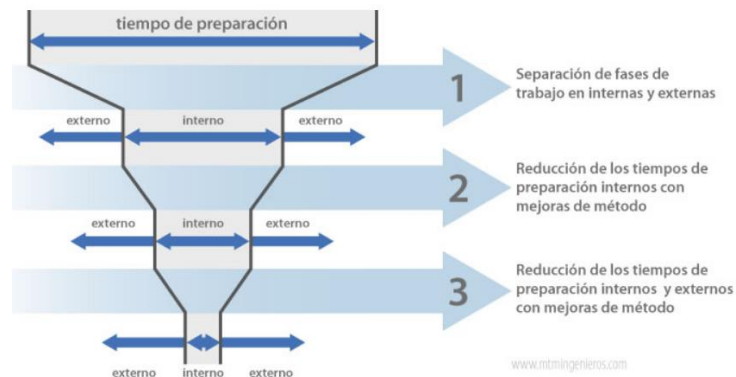
Con metodología SMED clasifica entre set up interno y externo, además se puede reducir el tiempo de set up final.

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

En la siguiente figura 24 muestra las diferentes etapas de la metodología SMED.

Figura 24

Etapas de la metodología SMED.



Fuente: mtm ingenieros para la mejora continua. 2022. Ilustración de las etapas de SMED. Recuperado de <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>

5.5.1 Situación actual del proceso de set up en el área de grinding.

El área de producción grinding del edificio CR-1 de Tegra Medical es una de las primeras operaciones con el inicio de una rectificadora CNC Tridex SG-2060. Con el

paso de los años se ha adquirido más maquinaria por temas de demanda de producción vs capacidad de máquina; sin embargo, nunca se ha la implementación de un método de set up retado con los alcances de producción.

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 grinding; 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 Grinding.

Como se evidenció en capítulo IV, unas de las causas es que no existe un procedimiento de orden estándar para el proceso del set up, lo que genera afectaciones en métricas por tiempos muertos, repeticiones de actividades, en búsqueda de herramientas, suministros, falta de capacitaciones, entre otros y esto ocasiona un gasto mayor en el costo operacional de un set up.

5.5.2 Uso de la metodología SMED.

Como se mencionó anteriormente el proceso de set up contiene variables segregables como set up interno y set up externo, por lo que se aplicara la herramienta SMED en el proceso de set up, 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 (set up interno) y las actividades que se hacen con la máquina en operación sin necesidad que se detenga (set up externo). La etapa inicial, es la etapa preliminar en donde se debe identificar todas

las operaciones del set up, tal como se realizó en el punto 4.3.2 flujo del proceso de este documento, por lo que esa sección se considerara como etapa preliminar.

5.5.2.1 Primera etapa: Clasificación de las actividades del set up en internas y externas.

Para esta primera etapa se clasificaron las actividades del set up 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 de cómo se trabaja actualmente un set up en el área de grinding en Tegra Medical CR-1.

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

Tabla 21.

Clasificación de las actividades del set up actual.

#	Descripción de la actividad	Set up interno	Set up Externo
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo	X	

2	Se mueve el material desde el estante de materia prima por procesar a la estación de la máquina	X	
3	Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess)	X	
4	Verificación del Doc CR-REC-1242	X	
5	Se buscan las herramientas de la máquina y suministros (las más importantes y/o comunes)	X	
6	Concentración del Coolant	X	
7	Cambio y búsqueda de Fixture, Chart y el máster	X	
8	Desmontar piedra actual	X	
9	Balanceo de la piedra nueva	X	
10	Montaje de la piedra nueva	X	
11	¿Se cambia la piedra?	-	
12	Se realiza las operaciones 8,9 y 10	-	
13	Se continua con la operación 14	-	

14	Se carga el programa en la máquina Tridex	X	
15	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.	X	
16	Se procede con la limpieza de la mesa de la máquina con una piedra india y WD-40	X	
17	Se busca el diamante	X	
18	Se retira el diamante actual	X	
19	Se inserta el nuevo diamante		
20	Se realiza la tangencia y el rectificado	X	
21	¿Se cambia el diamante?	-	
22	Se realiza las operaciones 17, 18,19 y 20	-	
23	Se continua con la operación 24	-	
24	Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte	X	

25	Ajuste de Gripper	X	
26	Ajuste de ángulo	X	
27	Ajuste de la pieza fabricada	X	
28	Se inspecciona completamente la pieza fabricada	X	
29	Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)	X	
30	Una vez la verificación de la primera pieza quedó aprobada, se da por concluido el Set up.	X	

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.2 Segunda Etapa: División de actividades de set up de internas a externas.

Para esta segunda etapa de la metodología SMED, se realizó un análisis de las actividades con la ayuda de los técnicos de precisión, para especificar las actividades que se puedan cambiar de set up interno a set up externo, aplicando las técnicas vistas en el capítulo II de este documento.

A continuación, en la tabla 22 se detalla el flujo de operaciones con la separación de las actividades realizadas.

Tabla 22.

Clasificación de las actividades internas a externas.

#	Descripción de la actividad	Set up interno	Set up Externo
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo		x
2	Se mueve el material desde el estante de materia prima por procesar a la estación de la máquina		x
3	Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess)	x	
4	Verificación del Doc CR-REC-1242		x
5	Se buscan las herramientas de la máquina y suministros (las más importantes y/o comunes)		x
6	Concentración del Coolant		x
7	Cambio y búsqueda de Fixture, Chart y el máster		x
8	Desmontar piedra actual	x	

9	Balanceo de la piedra nueva		x
10	Montaje de la piedra nueva	x	
11	¿Se cambia la piedra?	-	
12	Se realiza las operaciones 8,9 y 10	-	
13	Se continua con la operación 14	-	
14	Se carga el programa en la máquina Tridex	x	
15	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.	x	
16	Se procede con la limpieza de la mesa de la máquina con una piedra india y WD-40	x	
17	Se busca el diamante		x
18	Se retira el diamante actual	x	
19	Se inserta el nuevo diamante	x	
20	Se realiza la tangencia y el rectificado	x	

21	¿Se cambia el diamante?	-	
22	Se realiza las operaciones 17, 18,19 y 20	-	
23	Se continua con la operación 24	-	
24	Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte	x	
25	Ajuste de Gripper	x	
26	Ajuste de ángulo	x	
27	Ajuste de la pieza fabricada	x	
28	Se inspecciona completamente la pieza fabricada	x	
29	Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)	x	
30	Una vez la verificación de la primera pieza quedó aprobada, se da por concluido el Set up.	-	

Fuente: Elaboración propia.

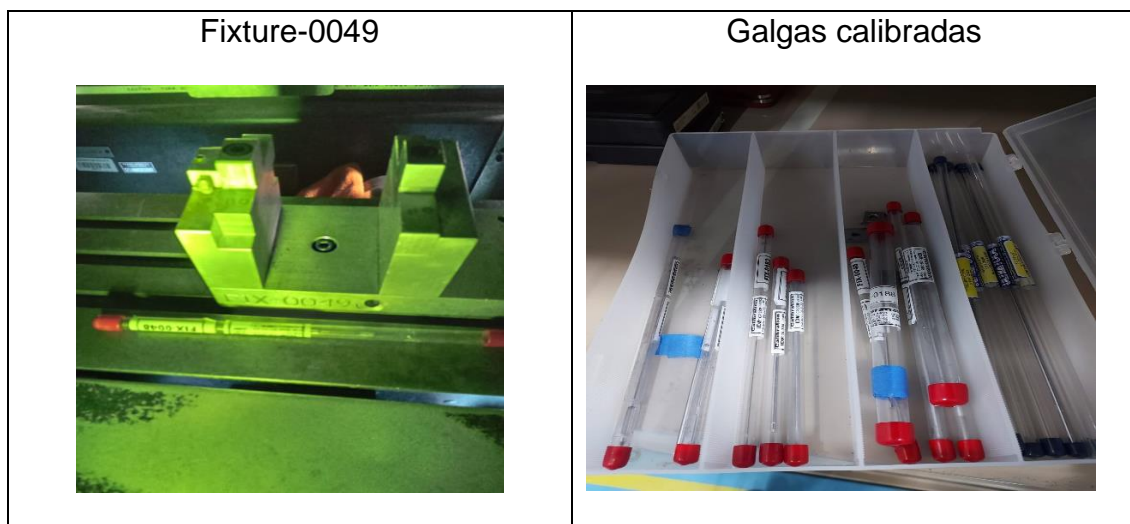
Con base de la clasificación de la tabla 22 se pueden cambiar a externas las actividades marcadas como set up externo, aplicando las técnicas descritas en la teoría:

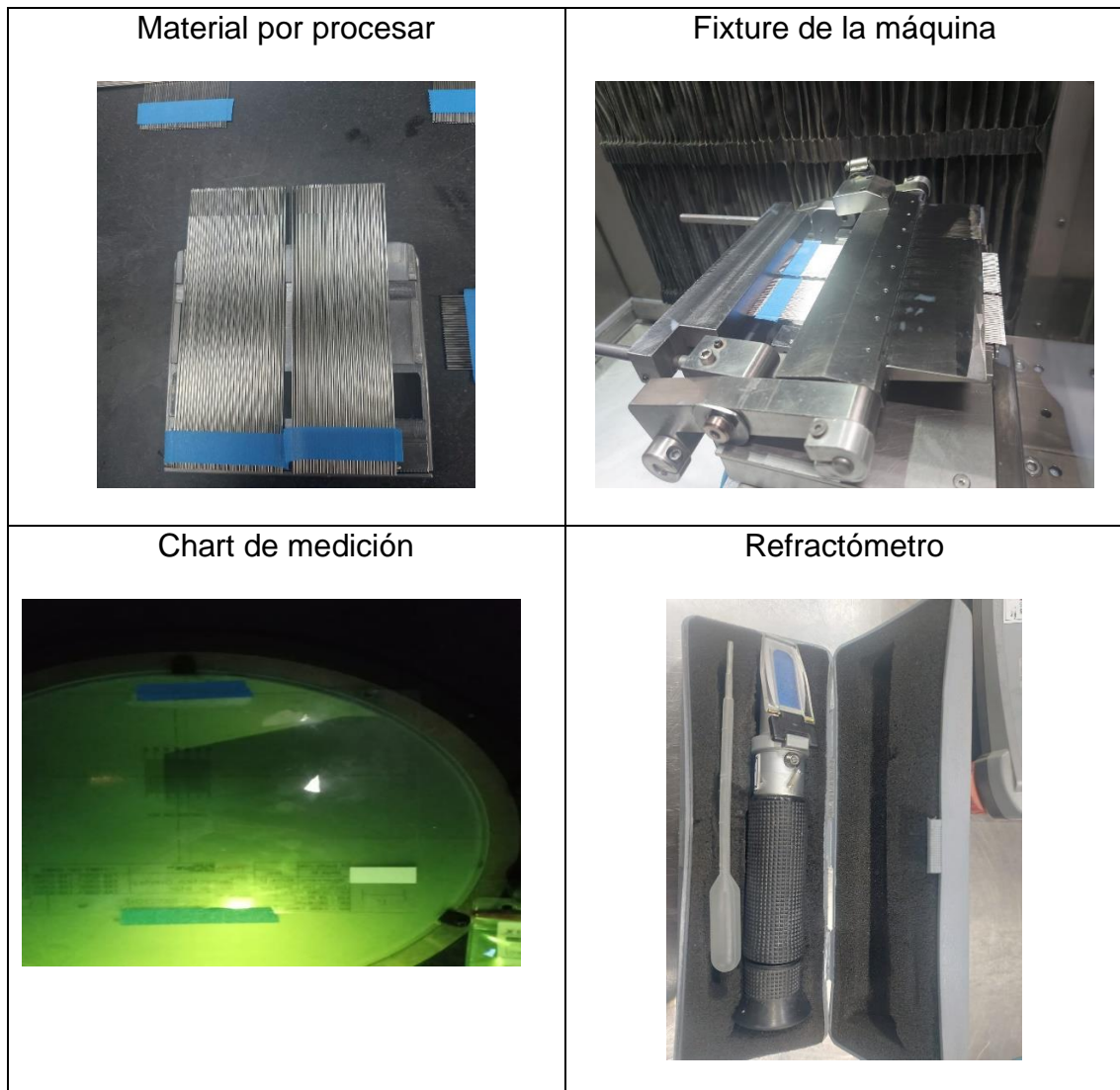
- Todas las actividades de búsqueda que cambiaron a ser parte del set up externo (actividades N° 1,2,4,5, y 17), se pueden ejecutar antes de que se termine el lote de producción que está corriendo la máquina. Este alistamiento va de la mano con el gabinete propuesto para las herramientas generales y suministros requeridos, para obtener un inicio de set up efectivo.
- La actividad N°6 y 7 son actividades que pasan a pertenecer al set up externo, ya que son actividades que aún se puede realizar durante que la máquina se encuentre en funcionamiento e ir en búsqueda del fixture, máster, chart y el refractómetro para revisar la concentración del coolant, a su vez el fixture se puede ir ajustando acuerdo del siguiente número de parte y esperar en el carrito de set up para ser instaladas en el set up de la máquina.

En la siguiente figura 25 se muestra instrumentos de medición y fixture utilizados para el proceso de set up:

Figura 25

Instrumentos de medición y fixture utilizados para el proceso de set up.





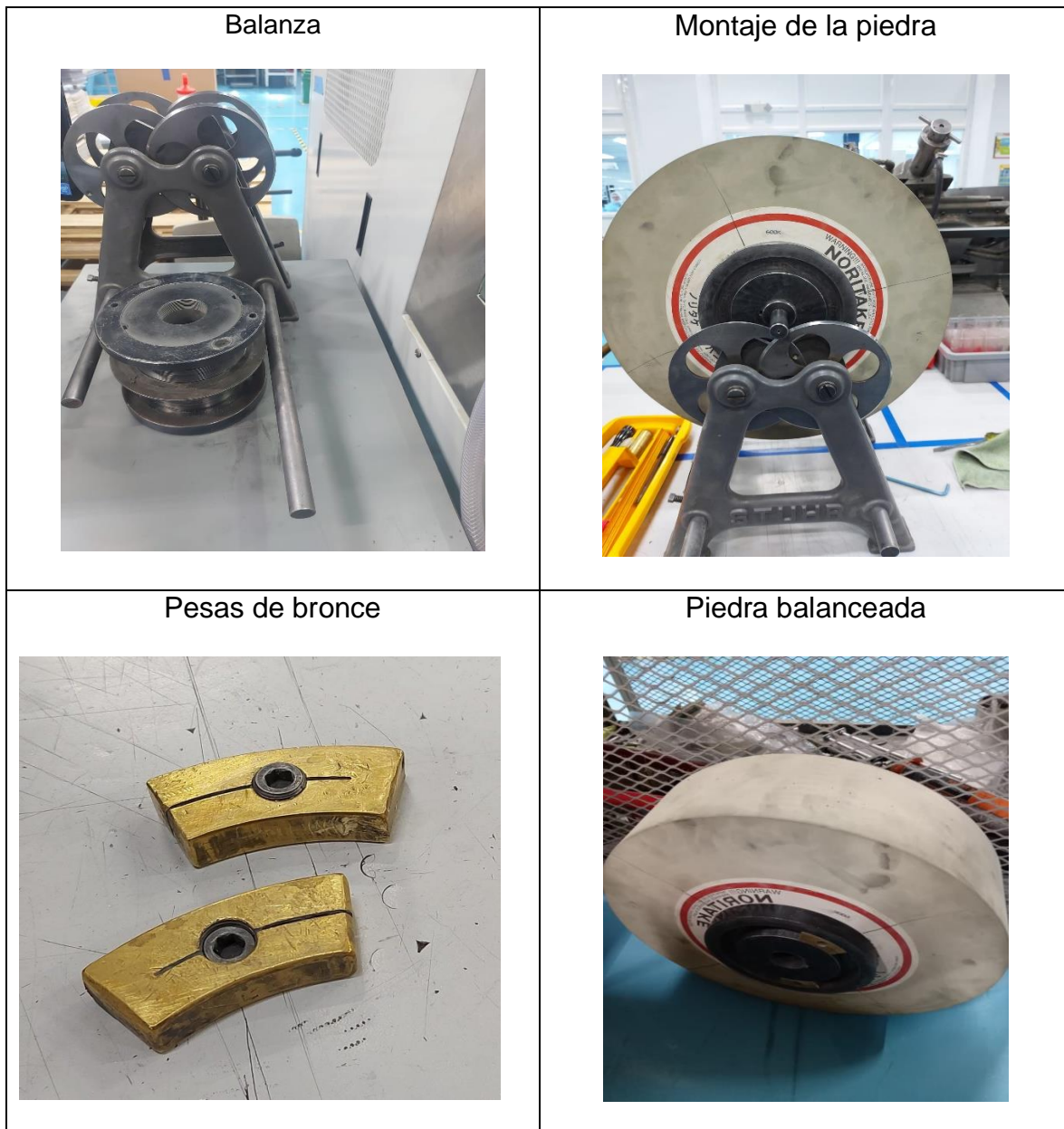
Fuente: Elaboración propia. [Figuras capturadas en Tegra Medical Costa Rica]

- La actividad N°9 pasa a ser parte del set up externo, ya que el balanceo de la piedra rectificadora se puede realizar antes de iniciar el set up.
Cada personal técnico por semana tiene que reponer 2hrs para completar su horario de 48 horas, ya que los sábados solo se trabajan 6hrs y a su vez aprovechar esa reposición de horas para elegir líder o técnico para balancear la piedra rectificadora por semana y mantenerla en stock hasta cuando se inicie el siguiente set up y de la misma manera evitar tiempos muertos.

En la siguiente figura 26 se muestra lo que se requiere en balancear una piedra rectificadora.

Figura 26.

Balanceo de la piedra rectificadora.



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

Finalmente, en esta etapa, se han logrado separar los setup's en internos y externos, considerando que el set up externo se puede realizar antes de iniciar con el set up interno, que es en donde la máquina debe estar completamente detenida.

En las siguientes tablas 23 y 24 indica como actualmente quedaron clasificados.

Tabla 23.

Actividades del set up externo.

#	Actividades del set up externo
1	Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo
2	Se mueve el material desde el estante de materia prima por procesar a la estación de la máquina
3	Verificación del Doc CR-REC-1242
4	Se buscan los instrumentos, fixture de la máquina y suministros (las más importantes y/o comunes)
5	Concentración del Coolant
6	Balanceo de la piedra nueva
7	Cambio y búsqueda de Fixture, Chart y el máster

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24.

Actividades del set up interno.

#	Actividades del set up interno
1	Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess)
2	Desmontar piedra actual
3	Montaje de la piedra nueva
4	Se carga el programa en la máquina Tridex
5	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.
6	Se procede con la limpieza de la mesa de la máquina con una piedra india y WD-40
7	Se retira el diamante actual
8	Se inserta el nuevo diamante
9	Se realiza la tangencia y el rectificado
10	Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte
11	Ajuste de Gripper
12	Ajuste de ángulo
13	Ajuste de la pieza fabricada
14	Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)
15	Una vez la verificación de la primera pieza quedó aprobada, se da por concluido el Set up.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2.3 Tercera etapa: Reducción de tiempos de set up 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 técnicos de mecánica de precisión y analizadas en conjunto.

Tabla 25.

Actividades actualizadas del flujo del set up interno.

#	Actividad del set up interno	Tiempo (min)
1	Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess y 3 pan system)	5
2	Desmontar piedra actual	22
3	Se instala la nueva piedra rectificadora y balanceada	22
4	Se carga el programa en la máquina Tridex	2
5	Se limpia la mesa de la máquina con una piedra india y WD-40	15
6	Se retira el diamante actual e instala el nuevo diamante	2

7	Se procede la tangencia y el rectificado de la piedra con respecto al diamante.	7
8	Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte	18
9	Ajuste de Gripper	8
10	Ajuste de ángulo	19
11	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.	6
12	Se procede a fabricar y ajustar la pieza	6
13	Se inspecciona completamente la pieza fabricada	3
14	Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)	5
15	Una vez la verificación de la primera pieza quedó aprobada, se da por concluido el Set up.	-
Tiempo total		2.33hrs

Fuente: Elaboración propia.

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 set up. En la siguiente tabla se muestra la comparación de la situación actual versus la propuesta del método de trabajo bajo la metodología SMED.

Tabla 26.

Comparación del costo del set up actual vs propuesta

	Actual	Propuesta
Tiempo de duración de set up. (h)	4.35 hrs	2.33 hrs
Costo del técnico de precisión por hora	₺ 3,000.00	₺ 3,000.00
Tiempo para necesidades estipuladas por la empresa (rige por jornada 1 hr * ₺3000)	₺ 3,000.00 x 1 jornada	₺3,000.00
Total	₺16,050.00	₺9,990.00

Fuente: Elaboración propia.

Basado en la tabla 26 se puede decir que con el método propuesto hay una reducción teórica de 2.02 horas en la duración del proceso de set up en las máquinas rectificadoras CNC Tridex SG-2060 y una disminución en el costo, lo cual representa un ahorro teórico de ₺6,060.00. Por lo que este ahorro teórico calculado representaría un ahorro para la compañía.

En la siguiente tabla 27 indica el ahorro teórico calculado mensual y anual.

Tabla 27.

Cálculo de ahorro teórico mensual y anual.

Descripción	Tiempo (h)	₺
Ahorro mensual		
Tiempo reducido	2.02	₺ 6,060.00
Promedio mensual de set up	15	

Total, de ahorro mensual	30.30	₪ 90,900.00
Ahorro anual		
Ahorro mensual	30.30	₪ 90,900.00
Equivalencia de 1 año en meses	12	
Total, de ahorro anual	363.60	₪ 1,090,800.00

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Propuesta de herramienta para la verificación y seguimiento de set up 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 set up entre dos turnos diferentes, esto quiere decir, entre el mecánico que del turno A, quien inicio el set up y su relevo del turno B.

5.6.1 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’s y entre dos o más mecánicos de precisión que trabajen en un mismo set up.

Esta metodología de trabajo, una vez implementada, otorga una mejor organización en el ambiente de trabajo, generando mayor confianza en los relevos de set up,

además de servir como guía para la realización de tareas de acuerdo con el flujo de operaciones planteado en el punto 5.5 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.

5.6.1.1 Hoja de verificación para set up externo.

A continuación, en la tabla 28 se presenta la hoja de verificación para la realización de set up externo, el cual será ejecutado por el líder del área y recibido por el mecánico de precisión cuando se inicie con el set up. 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 los instrumentos y el fixture que se está retirando de la rectificadora CNC.

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

Tabla 28.*Hoja de verificación set up externo.*

	Título: Formulario de aprobación de set-up Externo Grinding	
---	--	--

Formulario de aprobación de set-up Externo Grinding		
Job en proceso:	PN:	Máquina:
Fecha:		
Firma de iniciador:		
Descripción		Realizado por:
Balanceo de la piedra nueva	()	
Se realiza la requisición de la materia prima con respecto a la orden de trabajo	()	
Se mueve el material desde el estante de materia prima por procesar a la estación de la máquina	()	
Verificación del Doc CR-REC-1242	()	
Se buscan los instrumentos, fixture de la máquina y suministros (las más importantes y/o comunes)	()	
Concentración del Coolant	()	
Cambio y búsqueda de Fixture, Chart y el máster	()	
Comentarios: _____ _____ _____		

Fuente: Elaboración propia.

5.6.1.2 Hoja de verificación para set up interno.

A continuación, se presenta la hoja de verificación para la realización de set up interno, el cual será ejecutado por el mecánico de precisión cuando se inicie con el set up. Es importante mencionar que para que esta hoja de verificación se ejecute, la hoja de verificación de set up 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 29.

Hoja de verificación set up interno.

	Título: Formulario de aprobación de set-up Interno Grinding	
---	--	--

Formulario de aprobación de set-up Interno Grinding		
Job en proceso:	PN:	Máquina:
Fecha:		
Firma de iniciador:		
Descripción		Realizado por:
Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess y 3 pan system)	()	
Desmontar piedra actual	()	

Se instala la nueva piedra rectificadora y balanceada	()	
Se carga el programa en la máquina Tridex	()	
Limpieza de mesa de la máquina	()	
Se retira el diamante actual	()	
Se instala el nuevo diamante	()	
Se procede la tangencia y el rectificado de la piedra con respecto al diamante.	()	
Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte (Ajustar el tope, verificar roles, la barra de la tapa, el estado de tornillos, dwell y bushing)	()	
El Gripper ajustado	()	
Ángulo ajustado	()	
Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.	()	
Se procede a fabricar y ajustar la pieza completa	()	
Se inspecciona completamente la pieza fabricada	()	
Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)	()	
Corrida de 100 pcs en modo continuo para verificar que no exista variación	()	
Verificación por el líder de turno	()	
Comentarios: _____ _____ _____		

Fuente: Elaboración propia.

5.7 Aplicación de las propuestas para pruebas piloto

Se construyó un cronograma de actividades en las cuales se planificó ejecutar dos lotes de producción con las propuestas implementadas como pruebas piloto; esto con la finalidad de hacer conocimiento de los pasos a seguir brindados a la compañía.

En la tabla 30 se evidencia el cronograma de las diferentes actividades de las propuestas implementadas con sus respectivas fechas de la prueba piloto.

Tabla 30. Diagrama de Gantt para las pruebas piloto.

#	Actividades	Semanas															
		Feb -23				Mar -23				Abr - 23				May - 23			
		1	2	3	4	1	2	3	4	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 setup's internos y externos.										■						
9	Implementación de cambios (Carrito de setup's, verificación, metodología de set up 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.

5.7.1 Análisis de las pruebas piloto.

Las dos corridas de producción programadas para trabajar bajo la propuesta del nuevo método de trabajo concluyeron con éxito.

En la siguiente tabla indica los resultados de la prueba piloto de la corrida de los dos lotes y de la misma manera sumando los dos tiempos de los dos diferentes lotes se dividen en dos para obtener un tiempo promedio.

Tabla 31.

Resultados de tiempos de las pruebas piloto.

#	Actividad- set up interno	Lote #1 (min)	Lote #2 (min)	Promedio (min)
1	Alistado de documentación (llenado de las hojas de inprocess y 3 pan system)	4.00	4.30	4.15
2	Desmontar piedra actual	20.10	25.00	22.55
3	Se instala la nueva piedra rectificadora y balanceada	21.25	24.30	22.77
4	Se carga el programa en la máquina Tridex	1.40	1.15	1.27
5	Se limpia la mesa de la máquina con una piedra india y WD-40	10.10	12.20	11.5
6	Se retira el diamante actual e instala el	2.20	2.05	2.12

	nuevo diamante			
7	Se procede la tangencia y el rectificado de la piedra con respecto al diamante.	5.00	7.00	6.00
8	Ajustar el Fixture de acuerdo con el # de parte	8.20	12.40	10.30
9	Ajuste de Gripper	5.32	6.40	5.86
10	Ajuste de ángulo	12.45	15.32	13.88
11	Se busca a una persona designada por el departamento de calidad, para que se realice la verificación de la limpieza de línea.	5.20	8.15	6.67
12	Se procede a fabricar y ajustar la pieza	6.00	6.00	6.00
13	Se inspecciona completamente la pieza fabricada	3.42	6.20	4.81
14	Se busca personal del área para realizar la verificación de la primera pieza (PP)	5.15	7.10	6.12
15	Una vez la verificación de la primera pieza quedó aprobada, se da por concluido el Set up.	-	-	-
Tiempo total				2.06hrs

Fuente. Edición propia.

5.7.2 Comparación actual vs resultado de prueba piloto de la propuesta.

Tabla 32.

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

Descripción	Actual	Prueba piloto
Tiempo de duración del set up. (h)	4.35	2.06
Costo de mecánico de precisión por hora	₺3,000.00	₺3,000.00
Costo del tiempo para necesidades estipuladas por la empresa (1h * ₺3,000.00)	₺3,000.00	₺3,000.00
Total	₺16,050.00	₺9,180.00

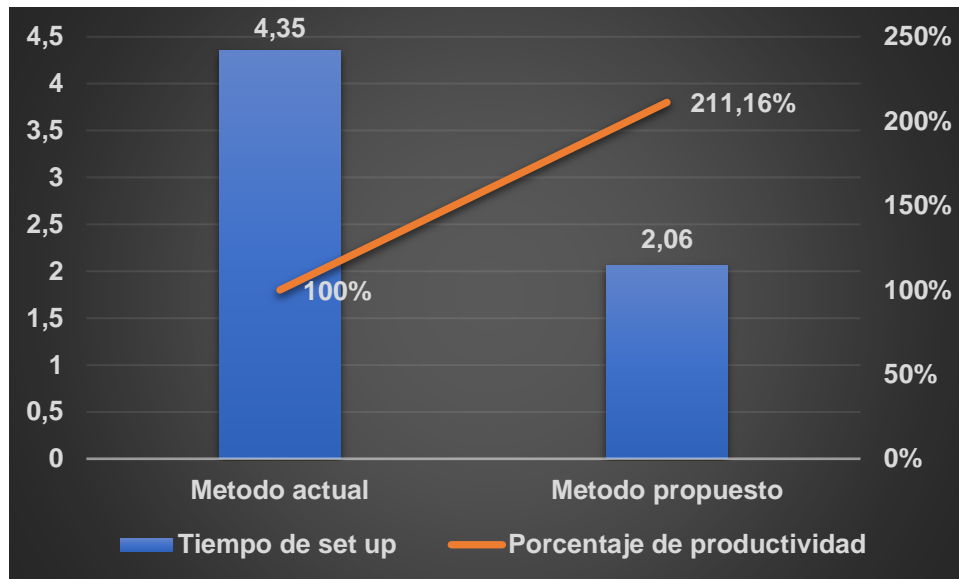
Fuente. Edición propia.

Basado a la tabla 32 se puede lograr ver que, con la implementación del método propuesto efectuada en las pruebas piloto, se logró comprobar una reducción de 2.29 horas en la duración de realizar cada set up en las rectificadoras CNC Tridex SG-2060, lo cual representa una diferencia económica de ₺6,870.00.

En la figura 27 representa una disminución considerable de tiempo operacional del operario, además de un crecimiento significativo de 211.16%% en la productividad del proceso.

Figura 27.

Comparación de los porcentajes de productividad del método actual y el método propuesto.



Fuente. Edición propia.

5.8 Evaluación del impacto económico de la propuesta.

Para realizar una evaluación económica de la propuesta, es importante primero obtener los datos de los costos de los colaboradores a la implementación, sin embargo; para efecto del proyecto actual de investigación, únicamente se va a considerar el costo de operación del personal para determinar la rentabilidad de la propuesta, por motivo que la empresa no cuenta con 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 set up antes y después de la implementación. Con estos datos y con el indicador VAN , se conocerá si la propuesta es rentable o no.

5.8.1 Costo del personal.

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

En la siguiente tabla 33 se muestra los costos de los colaboradores.

Tabla 33.

Costo de horas hombre.

Cargo de puesto	Salario por hora	Horas por día	Costo del día
Gerente de producción	₪8,000.00	10	₪80,000.00
Supervisor de producción	₪5,000.00	10	₪50,000.00
Líder de producción de grinding	₪3,800.00	8	₪30,400.00
Mecánico de precisión	₪3,000.00	8	₪24,000.00

Fuente. Edición propia.

5.8.2 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 donados del área de citizen de CR-1 y reciclaje de la espuma por lo cual no generaron ningún costo, así como tampoco las herramientas generaron costo alguno, ya que únicamente se reubicaron al carrito de set up.

Por otro lado, también se considerará el tiempo que el líder de producción invierte en el set up externo, estimado en 1:30 horas máximo para su conclusión.

Todo lo anterior se detalla en la tabla 34.

Tabla 34 Detalle de costos de implementación anual.

	Descripción	Cant.	Freq.	Fac.	Costo U./h	Total
Capacitación (2 hrs)	Mecánico de Precisión	3	Semanal	3.5	₺ 3,000.00	₺ 63,000.00
	Líder de producción	1	Semanal	3.5	₺ 3,800.00	₺ 26,600.00
	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 set up	1		0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Herramientas (general) **	16	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Espuma **	3	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
	Hojas**	-	-	0	₺ 0.00	₺ 0.00
Monitoreo de la ejecución SMED (1 h)	Líder de producción	1	Mensual	12	₺ 3,800.00	₺ 45,600.00
Set up Externo (1 h) -15 setup's / mes en promedio	Líder de producción	1	anual	180	₺ 3,800.00	₺ 684,000.00
Reunión para resultados de la implementación de SMED (2 hrs)	Mecánico de Precisión	3	Una vez	1	₺ 3,000.00	₺ 9,000.00
	Líder de producción	1	Una vez	1	₺ 3,800.00	₺ 3,800.00
	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	3	Trimestral	4	₺ 3,000.00	₺ 36,000.00
	Líder de producción	1	Trimestral	4	₺ 3,800.00	₺ 15,200.00
Refrescamiento de SMED y busca de mejora continua (1 h)	Mecánico de Precisión	3	Semestral	2	₺ 3,000.00	₺ 18,000.00
	Líder de producción	1	Semestral	2	₺ 3,800.00	₺ 7,600.00
	Supervisor de producción	1	Semestral	2	₺ 5,000.00	₺ 10,000.00
Costo Total						₺ 944,800.00

Fuente: Edición propia. [Los costos con ** en la descripción, son cubiertos por el presupuesto general de producción]

5.8.3 Ahorro generado por la implementación.

El ahorro se calcula considerando el nuevo tiempo de set up bajo el formato de la metodología SMED aplicado en la propuesta de método para la realización de un set up, considerando únicamente el set up interno que es cuando la máquina se encuentra detenida generando 0 producto/dinero. Del plan piloto se pudo obtener un tiempo promedio de set up de 2.06 horas; en comparación con el tiempo actual aproximado calculado en el capítulo cuatro de 4.35 horas, se produce un ahorro de 2.29 horas en cada set up realizado, como se ejemplifica en la siguiente tabla.

Tabla 35.

Resumen del tiempo de set up en las rectificadoras CNC Tridex SG-2060.

Actividad	Tiempo (h)
Set up con método regular	4.35
Set up con metodología SMED	2.06
Reducción de tiempo de set up	2.29

Fuente: Edición propia.

Con base a la tabla 35, se procede a realizar el cálculo del ahorro mensual y anual de la propuesta realizada. Primero se calcula la cantidad de horas de set up mensuales de acuerdo con el promedio de quince (15) setup's mensuales por la cantidad de horas promedio del set up con la metodología de trabajo propuesta, a lo que se obtiene que la cantidad de horas de set up mensual es 30.9, 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 cálculo, pero con la cantidad de horas que representa un set up con la metodología actual.

Por último, para calcular el ahorro anual, al costo operacional del método de set up actual se le resta el costo operacional del método propuesto, a lo que finalmente se obtiene un monto de ₡ 1,236,600.00.

Tabla 36.

Cálculo de horas de set up anual.

	Tiempo set up (h)	Promedio de setup's mensuales	Total de hrs mensuales	Cantidad de meses en un año	Total de horas anuales
Método actual	4.35	15	65.25	12	783
Método propuesto	2.06	15	30.9	12	370.8
				Diferencia	412.2

Fuente: Edición propia.

Tabla 37.

Cálculo del ahorro con la metodología propuesta.

Descripción de costo	Cantidad
Costo operacional anual (método actual)	₡ 2,349,000.00
Costo operacional anual (método propuesto)	₡ 1,112,400.00
Total de ahorro anual	₡ 1,236,600.00

Fuente: Edición propia.

5.8.4 Flujo de caja

En la tabla 39 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 39 y a partir del año 1 se considera solo los costos de monitoreo de la ejecución de SMED, set up 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 como el VAN que ayudaran con la toma de decisiones para la propuesta del presente estudio.

Tabla 38.

Flujo de caja y cálculo del VAN.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos					
Total ingresos	₡ -	₡1,236,600.00	₡1,236,600.00	₡1,236,600.00	₡1,236,600.00

Egresos					
Total egresos	-₡944,800.00	₡,816,400.00	₡,816,400.00	₡,816,400.00	₡,816,400.00

Flujo de efectivo	-₡944,800.00	₡420,200.00	₡420,200.00	₡420,200.00	₡420,200.00
--------------------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tasa de descuento (COK)	20%	
VAN	₡1,168,642.00	Mayor que cero → Aceptar la propuesta

Fuente: Edición propia.

CAPÍTULO VI:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El presente proyecto ha demostrado que se puede reducir el tiempo de set up de 4.35hrs a 2.06hrs, a pesar de no caer en un minuto singular como lo plantea la teoría de la metodología SMED, queda evidencia la reducción significativa de tiempo inherente al proyecto actual con la metodología SMED. Además, nos indica que con la implementación actual hay una reducción de tiempo de un 53%, superando la expectativa planteada por la empresa (20%).
- Para la metodología implementada, se contemplaron hojas de chequeo para el set up externo y el set up interno, 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 set up en general, además de ser un medio de comunicación entre turnos cuando hay relevos de personal y por último genera un mejor control, ya que se asegura en obtener un set up de calidad.
- Se consideraron hojas de control de orden para estandarizar una limpieza efectiva, ya que los mismos técnicos de mecánica de precisión tienen la obligación de evaluar la limpieza del turno anterior y el líder del área de cada turno lleva el control de los resultados diarios.

- 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 412.2 horas o su equivalencia monetaria ₡1,236,600.00. 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 set up en un 111.16% con respecto al método de set up actual, esto quiere decir que el método propuesto alcanza un %211.16 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 set up bajo la metodología SMED, es rentable y viable en un corto periodo, ya que el indicador el VAN cumple con los criterios de aceptación establecidos. El VAN = ₡1,168,642.00 es positivo mayor a 0.

6.2 Recomendaciones

- El colaborador que interviene directamente al proceso de la ejecución del set up en grinding son los técnicos de mecánica de precisión, por lo tanto, se les debe asignar una capacitación acerca del trabajo en equipo, su importancia y como esto influye a lograr objetivos que se planteen.
- Que el grupo encargados de las 5's, realicen auditorias diarias, hasta lograr formar un hábito de orden en todos los colaboradores.
- Para lograr que la implementación de la metodología SMED se cumpla con el objetivo, se debe informar del tema y entrenar a todos los colaboradores que conforman al departamento de grinding , además reforzar constantemente los objetivos propuestos para la realización de la nueva forma de trabajo, hasta lograr estandarizar el proceso del set up de una forma efectiva.
- Se recomienda mantener todas las herramientas de control 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 bibliográficas

Besterfiel, Dale. (2009). *Control de Calidad*. (8va Ed.). México, Editorial Pearson Education, Inc. Recuperado de <https://maaz.ihmc.us/rid=1Y2G0F7VH-1RQJ94G-CVP/Control%20de%20Calidad%20H.%20Besterfield.pdf>

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

Goodstein, Leonard D.; et al (2005). *Planeacion Estrategica Aplicada*, USA, Editorial McGraw-Hill Companies. Recuperado de <https://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES03/Unidad1/Planeacion%20Estrategica%20Aplicada.pdf>

Herrera, H. y Foltavo, T. (2010). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*. [Monografía]. Recuperado de http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55821.pdf

Masaaki Imai (2014). Gemba Kaizen Un enfoque de sentido común para una estrategia de mejora continua. Recuperado de <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com/stage.aspx?il=7607&pg=&ed=>

Meyers, Fred. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Segunda edición. Mexico D.F. Pearson Educación. Recuperado de [https://www.academia.edu/28556729/Meyers Estudio de Tiempos y Movimientos para la Manufactura Agil 2 ed](https://www.academia.edu/28556729/Meyers_Estudio_de_Tiempos_y_Movimientos_para_la_Manufactura_Agil_2_ed)

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

Reyes, Octavio; et al (2014). *Metodología de la Investigación para Cursos en Línea*. México, Universidad Celaya. Recuperado de [https://www.academia.edu/11443873/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n para Cursos en L%C3%ADnea](https://www.academia.edu/11443873/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_para_Cursos_en_L%C3%ADnea)

Sampieri, R., Fernández, C. y Batista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. [Monografía]. Recuperado de (PDF) METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN - SAMPIERI | Mafe Silva - Academia.edu

Sapag, N.; Sapag, R.; Sapag, J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6ta ed.), Mexico, Editorial McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1243/1/Sapag-proyectos%206ta%20edici%C3%B3n.pdf>

Shingo, Shigeo. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Japon. Japan Management Association. Recuperado de <https://dokumen.tips/documents/shigeo-shingo-a-revolution-in-manufacturing-smed-system.html?page=1>

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


Tegra medical. (2022). *Ilustración de los edificios de Tegra Medical Costa Rica*. [Figura]. Recuperado de <https://www.tegramedical.com/tegra-medical-expands-costa-rica-manufacturing-operations-with-new-building/>


Anexos


Anexo #1 Temas de capacitación


Actividad	Fecha	Temas
Reunión de apertura	16/02/23	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos de la capacitación • Objetivos del trabajo de investigación. • Presentación de la línea de tiempo del proyecto.
Introducción a SMED Sección 1	20/02/23	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué es SMED? • ¿Por quién fue creado? • ¿Como se creó? • Casos ejemplares de éxito
Introducción a SMED sección 2	23/02/23	<ul style="list-style-type: none"> • Etapas de SMED. • Aplicación de SMED en los setup's. • Definir set up externo e interno.
Introducción de Kaizen	27/02/23	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué es kaizen? • ¿Como se implementa Kaizen?
Aplicación de SMED y Kaizen (Caso práctico)	02/03/23	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad practica sobre un ejemplo sin SMED y con SMED.
Capacitación sobre el empleo de SMED en un set up	06/03/23	<ul style="list-style-type: none"> • Dividir el proceso set up en interno y en externo.
Segundo caso práctico enfocado en un set up de grinding.	09/03/23	<ul style="list-style-type: none"> • Caso práctico en la máquina con variables independientes en el proceso.


Anexo #2 – Minutas

Fecha (s): 16/02/23			
Encargado	Alexander Rojas		
Asistentes	Brandon Quesada, Aileen Barboza, Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas.		
Propósito	Tesina Propuesta de mejora		
Actividad		Asignado a	
Agenda:			
<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 investigación c. presentación de la línea de tiempo del proyecto. 		Alexander Rojas.	
Tareas:			
N/A		N/A	

Fecha (s): 20/02/23, 23/02/23, 27/02/23			
Encargado	Alexander Rojas		
Asistentes	20/02/23 Aileen Barboza, Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas. 23/02/23 Aileen Barboza, Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas. 27/02/23 Aileen Barboza, Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas.		
Propósito	Tesina Propuesta de mejora		
Actividad		Asignado a	
Agenda:		Alexander Rojas.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a SMED parte 1 (20/02/23) <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 (23/02/23) <ol style="list-style-type: none"> a. Etapas de SMED b. Aplicación de SMED a setup's c. Definición de Set up Interno, Externo y Run up 3. Introducción de KAIZEN (27/02/23) <ol style="list-style-type: none"> a. ¿Qué es KAIZEN? b. ¿Como se desarrolla KAIZEN? 			
Tareas:		N/A	
N/A			

Fecha (s): 02/03/23			
Encargado	Alexander Rojas		
Asistentes	Aileen Barboza, Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas.		
Propósito	Tesina Propuesta de mejora		
Actividad		Asignado a	
<u>Agenda:</u>			
1. Caso práctico enfocado a SMED y Kaizen		Alexander Rojas.	
<u>Desarrollo:</u>			
<p>Cada uno realiza un ordenamiento numérico a donde se tiene que trazar con una línea hasta ordenar una cantidad de números de menor a mayor, pero se encuentran desordenados y sin suministros(lápiz, lapicero, crayola) disponibles.</p> <p>Resultado: el promedio fue de un tiempo de 8min y otros no lo lograron porque no encontraron suministros.</p> <p>La segunda actividad ya cuenta con suministros, pero con los números desordenados.</p> <p>Resultados: 4min</p> <p>La tercera actividad ya cuenta con los suministros ordenados y con los números en serie, solo es de trazar el orden.</p> <p>Resultados:10s</p>		Todo el equipo.	
<u>Tareas:</u>			
N/A		N/A	

Fecha (s): 06/03/23			
Encargado	Alexander Rojas		
Asistentes	Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas.		
Propósito	Tesina Propuesta de mejora		
Actividad		Asignado a	
<u>Agenda:</u>		Alexander Rojas.	
1. Capacitación sobre el empleo de SMED en un set up. (dividir el proceso de set up en interno y externo.			
<u>Tareas:</u>		N/A	
N/A			

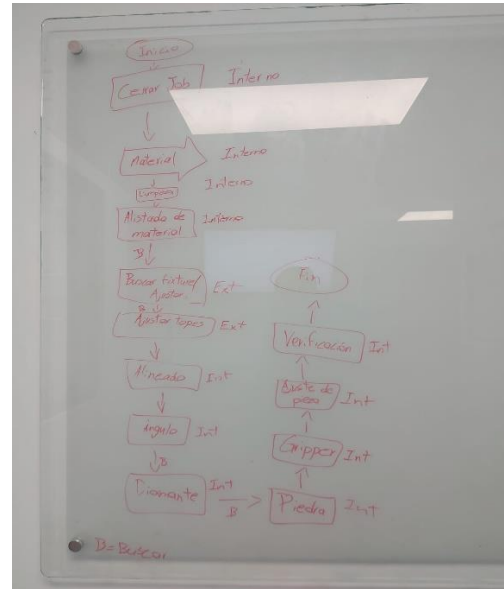
Fecha (s): 09/03/23			
Encargado	Alexander Rojas		
Asistentes	Nelson Marengo, Alexander Prado y Andrés Vargas.		
Propósito	Tesina Propuesta de mejora		
Actividad		Asignado a	
<u>Agenda:</u>			
1. Segundo caso práctico enfocado en el proceso de set up.		Alexander Rojas.	
<u>Desarrollo:</u>			
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizan búsqueda de herramientas y fixture, empleando un checklist. • Se realizan preparaciones para el set up externo y luego se incorporan a la máquina como set up interno. • Se realizan devoluciones efectivas. 		Todo el equipo.	
<u>Tareas:</u>			
N/A		N/A	

Anexo #3 – Fotos

Capacitación



Opinión profesional



Rectificadora Tridex SG-2060



El Gripper



Panel de Control



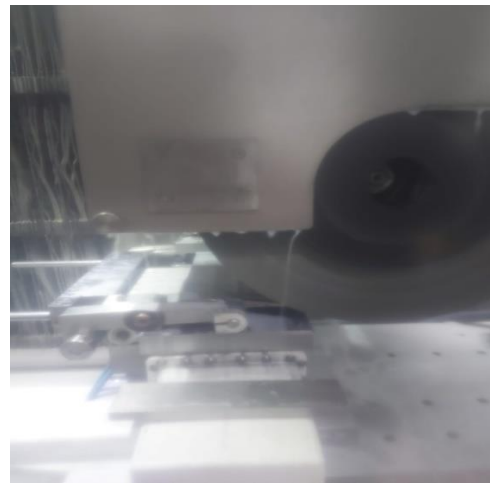
Mesa de la máquina



Montaje del Fixture



El proceso del mecanizado



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

San José, 01 de septiembre, 2023

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Alexander Rojas Villalobos** con número de identificación **2-0754-0030** autor (a) del trabajo de graduación titulado **Propuesta de mejora del proceso set up en el área de manufactura Grinding de la empresa Tegra Medical Costa Rica ubicada en la Aurora de Heredia, durante el primer cuatrimestre del año 2023.** presentado y aprobado en el año **2023** como requisito para optar por el título de **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,

Alex R.v.
Firma y Documento de Identidad

**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.