

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

BACHILLERATO INGENIERÍA INDUSTRIAL

TÍTULO

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANUFACTURA DEL
PRODUCTO G5 RING 5.5/6.0 EN LA EMPRESA CINCOTEK
MEDICAL EN EL PERÍODO DE AGOSTO 2017 A
NOVIEMBRE 2017**

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

Sustentante:

Karla Galagarza Brenes

Facilitador:

Juan Carlos Sánchez Cascante

Heredia, febrero 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo Karla Galagarza Brenes, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 116160305 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Análisis del proceso de manufactura del producto g5 ring 5.5-6.0 en la empresa Cincotek medical en el período de agosto 2017 a noviembre 2017, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Heredia, a los Doce días del mes de Marzo del año dos mil Dieciocho.



Firma del estudiante

Cédula 1-1616-0305.

CARTA DEL TUTOR

San José, 9 de marzo de 2018

Sres Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La estudiante Karla Galagarza Brenes, cédula de identidad número 116160305, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANUFACTURA DEL PRODUCTO G5 RING 5.5/6.0 EN LA EMPRESA CINCOOTEK MEDICAL EN EL PERÍODO DE AGOSTO 2017 A NOVIEMBRE 2017**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

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%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	15%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		90%

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

Atentamente,



Joan Carlos Sánchez Cascante
Cédula identidad # 108560903
Carné Colegio Profesional IPI-22140

Heredia, 23 de Marzo del 2018.

Señores

Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante Karla Galagarza Brenes, cédula de identidad 116160305, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANUFACTURA DEL PRODUCTO G5 RING 5.5/6.0 EN LA EMPRESA CINCOOTEK MEDICAL EN EL PERÍODO DE AGOSTO 2017 A NOVIEMBRE 2017, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato.

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 posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

Msc. Ana Catalina Martínez Matarrita

111510151



.....

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, cédula de identidad número 3 0447 0799 y Daniel González Monge, cédula de identidad número 1 1345 0416, en calidad de filólogos revisamos y corregimos el proyecto de graduación que lleva por título *Análisis del proceso de manufactura del producto G5 Ring 5.5/6.0 en la empresa Cincotek Medical en el periodo de agosto 2017 a noviembre 2017*, elaborado por Karla Galagarza Brenes.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de forma, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Hispanoamericana.



Elena Redondo Camacho
Céd. 3 0447 0799
Bachiller en Filología Española
Carné ACFIL 247



Daniel González Monge
Céd. 1 1345 0416
Bachiller en Filología Española
Carné ACFIL 245

ACTA DE APROBACIÓN

ÍNDICE

ACTA DE APROBACIÓN	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO Y ARTÍCULO PUBLICABLE	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE LA ORGANIZACIÓN	3
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	10
1.5.1 Objetivo general	10
1.5.2 Objetivos específicos.....	10
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
1.6.1 Alcances.....	10
1.6.2 Limitaciones	11
1.6.3 Exclusiones	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO AL ASPECTO DE LA CARRERA	13
2.1.1 Historia Ingeniería Industrial.....	13
2.1.2 Lean Manufacturing.....	14
2.1.3 Eficiencia y eficacia	15
2.1.4 Elementos del costo	16
2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.....	18

2.2.1 DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)	18
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO....	23
2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS: RESULTADOS DE EXPERIENCIAS ANTERIORES, SIMILITUDES O DIFERENCIAS.....	25
2.4.1 Autores consultados: coincidencias o discrepancias.....	25
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	27
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	28
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.....	32
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PRODUCTO O SERVICIO	33
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	34
CAPÍTULO IV. DIAGNÓSTICO	37
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	38
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO	43
4.3 DATOS GENERALES.....	44
4.4 ANÁLISIS DE MANO DE OBRA.....	46
4.5 ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA.....	49
4.6 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN (CIF)	52
4.6.1 Depreciación	52
4.6.2 Electricidad.....	53
4.6.3 Alquiler	58
4.6.4 Desperdicio	59
4.6.5 Salarios otros	63
4.6.6 Seguros	65
4.6.7 Mantenimiento.....	66

4.7 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	69
CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	74
5.1 PROPUESTA DE MEJORA.....	75
5.1.1 Propuesta de mejora para el desperdicio y materia prima.....	76
5.1.2 Propuesta de mejora para la mano de obra.....	82
5.2 BENEFICIOS ESPERADOS.....	85
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
6.1 CONCLUSIONES.....	89
6.2 RECOMENDACIONES.....	89
APÉNDICES.....	91
GLOSARIO.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Productos manufacturados por Cincotek Medical.	4
Figura 2. Elementos del costo.	17
Figura 3. Fases de la metodología DMAIC.....	19
Figura 4. 6 emes del proceso productivo.....	21
Figura 5. Pasos para análisis costo beneficio.	24
Figura 6. Aspectos evaluados para la definición del problema.....	28
Figura 7. Proceso cuantitativo fases.....	30
Figura 8. Fases del proceso cualitativo.	31
Figura 9. Imagen de un plan de acción en Entropy.	36
Figura 10. Flujo de sub-procesos en el producto G5 Ring 5.5/6.0.....	38
Figura 11. Diagrama de causas evaluadas para el problema.	41
Figura 12. Elementos costeables para analizar.....	42
Figura 13. Elementos de los costos indirectos de fabricación (CIF).	44
Figura 14. Producción del G5 Ring 5.5/6.0 durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017.....	45
Figura 15. Cálculo de Mano de obra por mes representado en colones por unidad.	48
Figura 16. Sólido de la barra de cromo cobalto representada con medidas exactas.	50
Figura 17. Pareto de Producciones agosto 2017 incluyendo todos los productos. ...	54
Figura 18. Pareto de Producciones setiembre 2017 incluyendo todos los productos.	55
Figura 19. Pareto de Producciones octubre 2017 incluyendo todos los productos. ..	55
Figura 20. Pareto de Producciones noviembre 2017 incluyendo todos los productos.	56
Figura 21. Imagen de la unidad representada en la barra.....	60
Figura 22. Barras consumidas durante los meses en análisis.....	61
Figura 23. Consumo aceite durante los meses en análisis.	68
Figura 24. Monto en colones por cada uno de los elementos del costo (MP, MO, CIF).	69
Figura 25. Porcentaje abarcado por cada uno de los elementos del costo.	70

Figura 26. Desglose del elemento CIF por unidad.	71
Figura 27. Desglose del elemento CIF representado en porcentajes.....	72
Figura 28. Porcentajes adquiridos del costo total contemplando todos los elementos del costo.....	73
Figura 29. Desglose del costo de cada uno de los elementos por unidad representado en colones.....	76
Figura 30. G5 Ring 5.5/6.0 representación del diámetro externo.....	77
Figura 31. Dibujo de la circunferencia de la barra actual (12.7mm) vrs la nueva a implementar (10mm).	78
Figura 32. Comparación gráfica de la pieza en la barra a implementar (10mm).	79
Figura 33. Comparación del cálculo de mano de obra con un mecánico vs un operador.	84
Figura 34. Costo de las barras por mes diferentes diámetros representado en colones.	85
Figura 35. Pago en planilla de un mecánico vs PSI (Production Support Inspector). 86	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información del diámetro y material utilizado en las barras para la producción de los diferentes productos de la empresa.....	5
Tabla 2. Información del diámetro y material utilizado en las barras para la producción de los diferentes productos de la empresa.....	6
Tabla 3. Marco del proyecto seis sigmas.	20
Tabla 4. Cálculo de pago en Mano de obra durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.....	47
Tabla 5. Cálculo del costo de mano de obra por unidad durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.	48
Tabla 6. Promedio total del costo de Mano de Obra en colones por unidad.	49
Tabla 7. Cantidad de kilogramos consumidos por materia prima en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en kilogramos.	51
Tabla 8. Cálculo del costo de materia prima por unidad total promediado en colones.	52
Tabla 9. Cálculo de la depreciación por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.....	53
Tabla 10. Total cancelado en electricidad y monto asignado al G5 Ring 5.5/6.0 de acuerdo con los porcentajes de producción de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.	57
Tabla 11. Cálculo de la electricidad por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.....	58
Tabla 12. Cálculo del alquiler por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.	59
Tabla 13. Monto de kilogramos consumidos en manufactura durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en kilogramos.	62
Tabla 14. Cálculo del desperdicio por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones. Cantidades totales.	62
Tabla 15. Cálculo de horas invertidas en el producto del supervisor y el salario en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones..	63

Tabla 16. Cálculo de costo de salario del supervisor por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.	64
Tabla 17. Cálculo de costo de salario de mantenimiento por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.	65
Tabla 18. Cálculo de costo de seguros por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.....	66
Tabla 19. Cálculo de costo de Herramienta por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.....	67
Tabla 20. Cálculo de costo de aceite por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.....	68
Tabla 21. Comparación de peso, y costo del kg de la barra actual (12.7mm) contra la a implementar (10mm).	80
Tabla 22. Comparación de las barras consumidas con los diferentes diámetros y el dinero a pagar por estas.....	80
Tabla 23. Cálculo de pago en Mano de obra durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones para un operario.	83
Tabla 24. Cálculo del costo de mano de obra por unidad durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones. Para un operario. .	84

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ISO International Organization for Standardization

CNC Control Numérico Computarizado

CAM Computer Aided Manufacturing

DMAIC Define, Measure, Analyze, Improve and control (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar)

BSI British Standards Institution

CIF Costos Indirectos de Fabricación

MO Mano de Obra

MP Materia Prima

AFC Asesores Fiscales Corporativos

CNFL Compañía Nacional de Fuerza y Luz

G4 Generación cuatro

G5 Generación cinco

RESUMEN EJECUTIVO Y ARTÍCULO PUBLICABLE

Costos de Manufactura en Cincotek Medical para el G5 Ring 5.5/6.0

Durante el desarrollo del proyecto uno de los principales hitos se refiere a la no existencia de un sistema de costos para el área de manufactura, por este motivo surgió la idea del análisis mediante los elementos del costo (mano de obra, materia prima y costos indirectos de manufactura).

Este se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Cincotek Medical ubicada en Santa Rosa de Santo Domingo, Heredia Costa Rica, únicamente en uno de sus productos llamado G5 Ring 5.5/6.0 y en el proceso de manufactura.

La finalidad se basa en la reducción de costos para el proceso de manufactura del producto mencionado mediante el análisis de los elementos del costo durante el proceso. El proceso de análisis se realizó con ayuda de la metodología DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar por sus siglas en inglés.

Una vez se concluyó el proyecto, las propuestas de mejora se reflejan en los elementos del costo de mano de obra y costos indirectos de fabricación (desperdicio) ambas propuestas de mejora presentan beneficios económicos para la compañía con un esfuerzo mínimo en el momento de implementarlas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la línea de ingeniería de procesos y servicios, ya que se enfoca en el análisis de un proceso en específico no necesariamente en distribución de espacios ni en inventarios, sino en el análisis de costos para así generar mejoras y aplicarlas al proceso de la manufactura para que se vea reflejado tanto en la productividad como en la disminución de costos.

El proyecto se llevará a cabo en la empresa de industria médica llamada Cincotek Medical Costa Rica, la cual se encarga de la manufactura de sub ensamblés médicos para la enfermedad de escoliosis.

El estudio se realizará en uno de los productos de la empresa (G5 Ring 5.5/6.0) y solamente se abarcará el proceso de manufactura, costos de manufactura, costos de mano de obra, así como costos indirectos de fabricación.

Esta empresa no ha tenido un estudio de costos en ninguno de sus productos y tampoco cuenta con un sistema o programa que los indique o monitoree continuamente, por tanto, la realización de este proyecto surge de la solicitud por parte de gerencia, quien justifica que no es un problema, sin embargo, no se cuenta con el panorama claro de los costos actuales para este producto.

Mediante la realización del proyecto se busca el análisis de los elementos del costo, en el proceso de manufactura de este, para realizar propuestas de mejora que logren disminuir los costos del producto.

1.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE LA ORGANIZACIÓN

Este proyecto se realizará en la empresa Cincotek Medical Costa Rica S.R.L. encargada de manufacturar sub-ensambles médicos.

Esta es una empresa con capital americano y forma parte de la industria médica en Costa Rica, su planta de producción se ubica en Santa Rosa de Santo Domingo Heredia, en el Parque industrial Zeta. Actualmente, cuenta con 160 empleados que se enfocan en la calidad de la producción, el área de inspección final del producto, así como los encargados de manufacturarlos laboran en turnos de 8 horas.

La compañía la fundó Paul Beckwith en 2012, en relación con Domic Protty colaborador Medtronic Corporation, este perteneciente a Memphis sector sudoeste del estado de Tennessee Estados Unidos. Inició operaciones el 16 de agosto 2012, desde entonces se ha convertido en una compañía que manufactura sub-ensambles médicos para operaciones de columna (Pérez, 2017).

Cincotek Medical Costa Rica inició sus operaciones certificándose en la ISO 13485 al ser una empresa médica y así logra enviar su producto estrella Head G4 a Medtronic Humacao, Puerto Rico, luego de las negociaciones respectivas con este. Medtronic utiliza este producto como parte de un ensamble para implantes generativos de huesos en la columna.

Una vez realizada la implementación de la planta y demostrar la capacidad y calidad con la que Cincotek Medical puede producir, se comienza a hacer la transferencia de nuevos productos. En la actualidad, tiene diez en producción, de los cuales todos se

caracterizan por ser sub ensambles, ya que el ensamble final se realiza en Puerto Rico.



Figura 1. Productos manufacturados por Cincotek Medical.

Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se detallan los productos que se manufacturan en esta empresa, además de sus nombres. Son 10 en total y Medtronic decide llamarlos con el prefijo “G5 o G4” debido a su generación (G4: generación cuatro, G5: generación cinco).

Los productos G4 Head, G4 Ring, G4 Crown Essence Head, Essence Crown, G5 Crown 5.5/6.0 y G5 Crown 4.75 se producen con barras de materia prima de seis pies de longitud y a base de una aleación de Titanio, Aluminio y Vanadio (Ti 6Al 4V). Por otra parte, los productos G5 Head 5.5/6.0, G5 Ring 5.5/6.0 y G5 Ring 4.75 se producen con una materia prima a base de Cromo, Cobalto y Molibdeno (CoCrMo).

Para la manufactura de estos productos se utilizan tornos suizos de control numérico computarizado (CNC), los cuales son capaces de leer programas desarrollados en CAM (*Computer Aided Manufacturing*) es la manera de programar por asistido por la computadora utilizando el lenguaje de programación “código G” y se basa en coordenadas con instrucciones de avances y revoluciones; para cada uno de los productos se crea uno de acuerdo a las características dimensionales que deban cumplir según un plano ya diseñado.

Cabe recalcar que la modificación de estos programas debe pasar por aprobaciones dentro del sistema de calidad de la empresa, esto al estar certificados bajo la ISO13485, también están controlados bajo un documento llamado *Control plan* en el que se detalla la máquina, herramientas, equipos de medición, materia prima y demás especificaciones para la producción de este.

Cada producto utiliza un diámetro diferente en las barras de materia prima como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1. Información del diámetro y material utilizado en las barras para la producción de los diferentes productos de la empresa.

	G4 Head	G4 Ring	G4 Crown	Essence Head	Essence Crown
Ø De la barra	0,562"	0,437"	0,375"	0,562"	0,375"
Material	Titanio	Titanio	Titanio	Titanio	Titanio

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Información del diámetro y material utilizado en las barras para la producción de los diferentes productos de la empresa.

	G5 Ring 5.5/6.0	G5 Ring 4.75	G5 Crown 5.5/6.0	G5 Crown 4.75	G5 Head 5.5/6.0
Ø De la barra	0,500"	0,375"	0,375"	0,375"	0,625"
Material	Cromo Cobalto	Cromo Cobalto	Titanio	Titanio	Cromo Cobalto

Fuente: elaboración propia.

El mercado de la industria médica se ha incrementado en los últimos años, tanto así que los dispositivos médicos están inyectando una dosis de vitaminas a la economía de Costa Rica y se han posicionado como líderes de una nueva era industrial, algo que puede perdurar si el país se mantiene competitivo. Actualmente, el subsector da empleo a 19.000 personas, casi 13 veces más que en el año 2000, un 55 % del personal son mujeres, en su mayoría jefas de hogar (Mora, 2016).

Sin embargo, uno de los problemas que presentan algunas de estas compañías es el mal aprovechamiento de los recursos, materias primas, entre otros, lo que genera incrementos en los costos de operación lo cual impacta directamente a los productos vendidos, así como también a la empresa en el ámbito competitivo

El proyecto se basa en un análisis para la producción de uno de los 10 productos que produce esta compañía llamado G5 Ring 5.5/6.0, esto para que se logre el cumplimiento del método Kaizen cuya estrategia es que no debe pasar un día sin que se haya hecho alguna clase de mejoramiento en algún lugar de la empresa.

Mejorar y superar los estándares es el gran objetivo del Kaizen. Mejorar los estándares significa establecer estándares más altos. Una vez hecho esto, el trabajo

de mantenimiento por la administración consiste en procurar que se observen los nuevos estándares.

Es por esta razón que se tomó la decisión de analizar los procesos productivos de esta compañía y con ayuda de la gerencia se estableció el análisis del proceso productivo de un producto en específico para mejorarlo.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo del análisis para el proceso surge de una oportunidad de mejora durante el proceso de maquinado del G5 Ring 5.5/6.0 de la empresa Cincotek Medical, ya que esta empresa no cuenta con un sistema de costos actualizado para este producto, la realización del problema representará una claridad de la situación actual en tanto a costos y procesos.

Por parte de la gerencia de la empresa es importante la realización de este proyecto, así como también las mejoras que se puedan establecer. Durante la realización de este no se incurre en ningún gasto económico, sin embargo, al tener una visualización más clara del proceso y en dónde se encuentra el mayor gasto se podrá enfocar en este aspecto para las mejoras a implementar.

Algunos de los mecánicos encargados de manufacturar las piezas con ayuda del CNC consideran que la materia prima que se utiliza en el producto G5 Ring 5.5/6.0 se desperdicia mucho, además, que los cambios de herramienta son constantes.

Con respecto a la materia prima utilizada en este producto tiene un alto valor en el mercado internacional, al no tener un panorama claro con respecto a los costos de este proceso no se conoce la utilidad real de este producto.

La implementación de las mejoras una vez analizadas se realizará en el proceso de maquinado del G5 ring 5.5/6.0 además, del entrenamiento necesario a los mecánicos que ejecutan la operación.

El proyecto se propone como una propuesta de mejora, ya que se analiza un producto y se determinarán las características de mejora que lo lleven a resolverlo, de no encontrarse una solución o eliminación del problema se tratará de encontrar la solución óptima.

El desarrollo de este proyecto no está relacionado con un problema, sino a una carencia de un sistema de costos en donde se pueda ver con claridad la situación actual. Una vez se analicen las causas y se encuentren las posibles mejoras en el proceso, se implementarán y esto servirá para generar impactos económicos en este producto.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto busca beneficiar a la empresa Cincotek Medical mediante el análisis de la fabricación del producto G5 Ring 5.5/6.0 para mejorar su productividad y la rentabilidad de los insumos utilizados durante el proceso.

El sector médico industrial tiene un alto potencial, brindando oportunidades que deben aprovecharse para garantizar la continuidad en la aceptación de nuevos proyectos que son la base de la compañía, por esto, en la actualidad, es necesario identificar con fundamento las oportunidades que sean rentables y que garanticen la toma de riesgos con menores niveles de incertidumbre, para garantizar el éxito al tomar la decisión.

Por tanto, la realización de este proyecto analizará los costos relacionados con la manufactura del producto, ya que esto llevará a la mejora del proceso, así como beneficios económicos para la empresa.

Cincotek Medical, cuenta con un programa para ingenieros y técnicos de los diferentes departamentos (Calidad, Cadena de Suministros, Producción) el cual se enfoca en la remuneración económica a quien brinde y desarrolle un proyecto que sea de mejora continua para la empresa.

Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema que brinde un panorama claro de los costos de manufactura del producto G5 ring 5.5/6.0 por tanto, la realización de este proyecto beneficia para implementar mejoras en las áreas deficientes.

El proyecto parte mediante una decisión por parte de la gerencia de la compañía con el fin de tener un panorama claro de lo que incurre la manufactura de ese producto.

Una vez concluya la investigación, se propondrán acciones de mejora, las cuales serán analizadas por la gerencia de la compañía de ser rentables para esta se iniciará con la etapa de la implementación.

Las mejoras se enfocarán en los costos del proceso de manufactura únicamente, sin embargo, puede involucrarse la productividad, eficiencia entre otras actividades durante este paso, que de igual forma serán de beneficio para la compañía.

1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.5.1 Objetivo general

Disminuir los costos en el proceso de manufactura de G5 Ring 5.5/6.0 mediante el análisis y mejora de los componentes de costo unitario de costos en la empresa Cincotek Medical Costa Rica.

1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso de manufactura del producto G5 Ring 5.5/6.0 en las máquinas de CNC.
- Realizar el estudio de costos (Materia prima, Mano de obra y costos indirectos de fabricación).
- Obtener propuestas de mejora que brinden un impacto económico en la compañía.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1 Alcances

El análisis se realizará únicamente en la empresa Cincotek Medical Costa Rica S.R.L ubicada en Heredia, Santo Domingo, Santa Rosa, Parque industrial Zeta. En la máquina encargada para la producción del producto G5 Ring 5.5/6.0 durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre de 2017.

Se considera que los meses en análisis crean un panorama de la situación actual y así se podrán tomar decisiones con respecto a lo que mejore el proceso.

- Se pretende brindar oportunidades de mejora para así generar un proceso productivo y efectivo.
- Lograr un impacto económico positivo en la empresa con la implementación de este proyecto.

1.6.2 Limitaciones

La implementación de este proyecto se estima que sea una sola máquina, pero debido al cambio de la demanda del mismo puede aumentar, además, los cambios que se realicen a este proceso deben ser autorizados por representantes de la planta de Humacao Puerto Rico, ya que ellos son los creadores y diseñadores de este programa, así como también el documento relacionado con las especificaciones del producto llamado *control plan* ya que para estos se deben abrir documentos de solicitud del cambio dentro del sistema de calidad de ellos, por ende, la duración de este proceso no depende de Cincotek Medical.

1.6.3 Exclusiones

A pesar de que actualmente Cincotek Medical cuenta con 10 productos en producción y las máquinas respectivas para la manufactura de estos, el análisis de este proyecto se llevará a cabo únicamente en el producto llamado G5 Ring 5.5/6.0, los 9 productos restantes 9 y máquinas utilizados para los otros procesos se consideran una exclusión para el proyecto.

Además, el flujo de proceso del G5 Ring 5.5/6.0 incluye pasos posteriores al proceso de maquinado, sin embargo, debido al tiempo de realización del proyecto no es posible analizarlos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO AL ASPECTO DE LA CARRERA

La mejora de procesos en la ingeniería industrial es básica en el entorno de una empresa, ya que se toman en consideración los aspectos que tengan que ver con esta, tanto el enfoque de la compañía como también la importancia de la mejora continua.

Es necesario conocer los conceptos que se vayan a aplicar en esta, ya que son fundamentales para el desarrollo del proyecto. Es importante conocer el desarrollo de la ingeniería industrial conforme el paso del tiempo puede ser crucial para los conceptos.

El proceso puede definirse como una secuencia de actividades que se realizan utilizando ya sea personas, máquinas, materiales o equipos que transforman entradas en un producto o servicio (Villalobos, 2017).

Se incluye de igual forma el análisis de los costos de producción Según. García (2014) el costo de producción se genera en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados.

2.1.1 Historia Ingeniería Industrial

Según Baca *et al.* (2014):

En la década de 1950, el ingeniero industrial amplió en gran medida su papel en la industria. De un modo mucho más científico, ya podía controlar los inventarios de materia prima y producto terminado; podía planear y controlar la producción; mejorar los procesos productivos con el estudio de tiempos y movimientos; controlar estadísticamente la calidad; tenía especial cuidado por la seguridad de los obreros en el trabajo, diseñaba herramientas, utensilios y

espacios físicos más ergonómicos y podía ascender de puesto para desempeñarse, de manera bastante aceptable, como gerente o administrador general de una empresa. El ingeniero industrial superaba al administrador puro en que él conocía los aspectos técnicos de la empresa como el control de inventarios, máquinas, herramientas, control de la producción, etcétera, mientras que el administrador puro no tenía tantos conocimientos técnicos, como para diseñar y proponer cambios en los sistemas y procesos productivos (p. 9).

Así es como en aspectos de la ingeniería industrial se puede decir que la aplicación de conceptos como administración de tiempos, manufactura esbelta, *Kaisen*, (mejora continua), productividad, 7 Ms, eficiencia, eficacia, tiempos de ciclo, SMED, (*Single Minute Exchange of Die*) cambios rápidos, entre otros, se toman en cuenta en el momento de evaluar una situación o proceso.

2.1.2 Lean Manufacturing

Es así que se conoce como *Lean manufacturing*, o su término en español, manufactura esbelta, como una filosofía enfocada a la reducción de desperdicios. *Lean* es un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación o combinación de desperdicios (*muda*), a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y del costo de producción (González, 2007).

Los términos utilizados bajo este método, como bien se explicó en el párrafo anterior, es principalmente el enfoque en la reducción de los desperdicios, por esto se basan en 3 términos comúnmente empleados, los cuales son las tres Ms: Muda, Mura y Muri.

La primera de estas es identificar y eliminar las actividades que consumen recursos sin crear valor, pueden ser fáciles o difíciles de eliminar dependiendo el caso donde

se evalúe la situación. Mura se conoce como desigualdad en la operación, todo lo que en este pueda reflejarse como sobreproducción o déficit en la misma debido a una desigualdad y Muri hace referencia a sobrecargar equipos o recursos solicitándoles más de lo que para ellos pueden dar (González, 2007).

Es necesario entender cómo estos recursos interactúan con el sistema, se debe implementar la fabricación de un sistema con un manejo eficiente de los recursos que se mencionan y así identificar gestión (*Lean Management*) que las actividades que agregan y las que no agregan valor al producto final (Villalobos, 2017).

Para el caso de la empresa beneficiada, se escoge la filosofía *lean* para proponer un sistema que permita gestionar recursos en la producción del producto G5 Ring 5.5/6.0 y así reducir los desperdicios asociados, donde el desarrollo se lleva a cabo en la empresa Cincotek Medical Costa Rica.

Al evaluar estos métodos se pueden eliminar desperdicios en una empresa y de esta forma ayudar a su productividad y mejora en sus procesos.

El mejoramiento duradero solo se logra cuando la gente trabaja para estándares más altos (Lefcovich, 2009).

2.1.3 Eficiencia y eficacia

Otros términos de valor en el ámbito de Ingeniería Industrial son los de eficiencia y eficacia, los cuales es importante dar a conocer sea cual sea el ámbito que se esté trabajando, ya que se conoce por eficiencia el hacer algo con el costo más bajo posible, es, por lo tanto, que la mayoría de las empresas optan por cumplir el objetivo

de un proceso eficiente, ya que es producir o dar un servicio con la menor entrada de recursos (Jacobs y Chase, 2014).

Por eficacia se entiende hacer las cosas correctas para crear el mayor valor para una compañía, es decir, cumplir el objetivo sin importar la cantidad de recursos utilizados, materia prima o gastos que se incurran en la realización del proceso (Jacobs y Chase, 2014).

La producción sin desperdicios, proviene de un concepto que se desarrolló en las empresas manufactureras japonesas, las cuales, ante distintas necesidades que se explicarán más adelante, han priorizado la “Calidad y flexibilidad en la producción” sobre la “Cantidad de la producción” (Bonilla, 2011).

Si bien es cierto es difícil obtener una empresa sin desperdicios se debe tratar de identificarlos para atacarlos y que estos no incurran de una manera negativa ante la meta u objetivos de la compañía, es, por tanto, que el proyecto de investigación deberá concluir con una mejora hacia la empresa.

2.1.4 Elementos del costo

Se hacen llamar los elementos del costo a todo lo necesario y no necesario que suministre la información precisa para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto, según Jiménez (2010) se refiere a los elementos del costo a materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación que ayudan a valorar la producción terminada y transformada para conocer el costo de su fabricación.

Es importante conocer estos elementos ya que ayudan a brindar mejoras en cualquier proceso productivo, para conocer el costo de cada unidad fabricada y hacer una comparación clara de los costos estimados versus los costos reales.

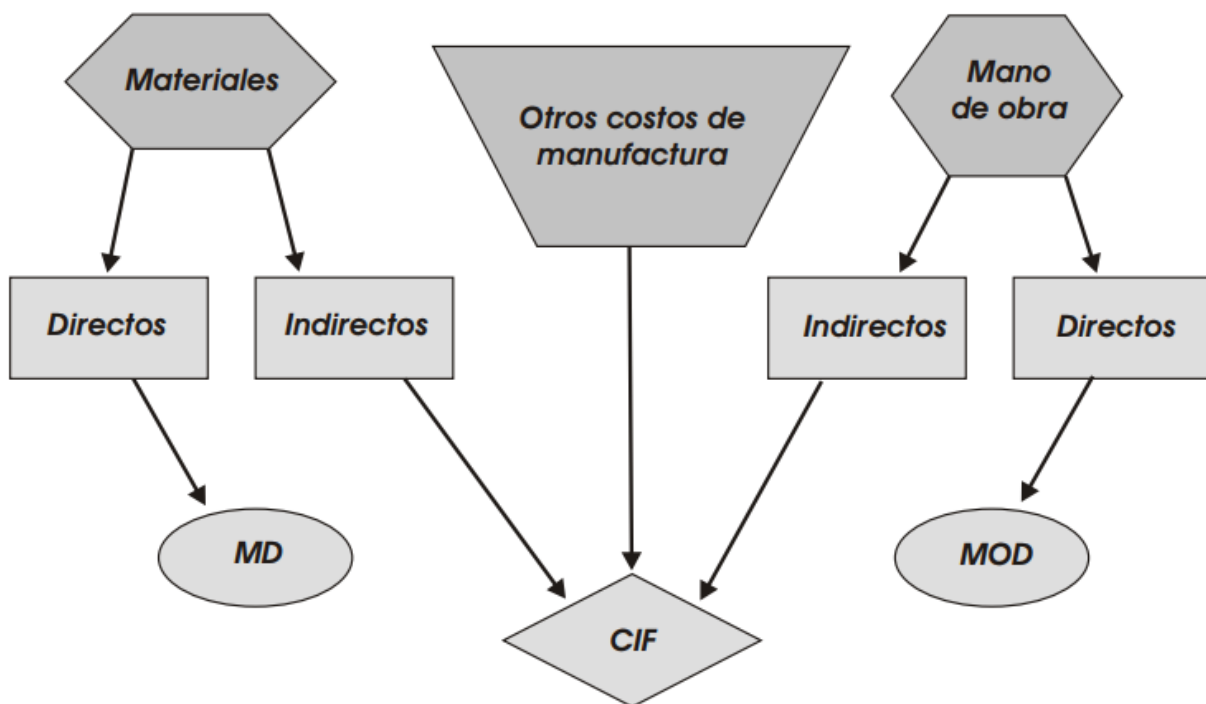


Figura 2. Elementos del costo.

Fuente: Jiménez (2010).

Los elementos del costo que abarcan materiales o materia prima y mano de obra se dividen en directos e indirectos, esto debido a que se considera como directos los elementos que tengan relación u operaciones directamente con el producto y los indirectos son los que no tienen contacto con el producto, pero realizan tareas externas a este.

La clarificación de los elementos del costo y un análisis efectivo de estos lleva a la compañía a proponer las mejoras necesarias para que las utilidades siempre sean exitosas.

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

2.2.1 DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)

Normalmente, los proyectos de *six sigma* son liderados por una metodología definida llamada DMAIC por sus siglas en inglés *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* traducidas al español como Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, las cuales se documentarán a través del proceso.

DMAIC no es conocido por su trasfondo de mejora continua, sino más bien se caracteriza por las etapas de medición, análisis y mejora. Las realizaciones de los proyectos bajo esta metodología deben tener una duración limitada en el tiempo.

Como se mencionó anteriormente esta metodología la comprende 5 etapas:

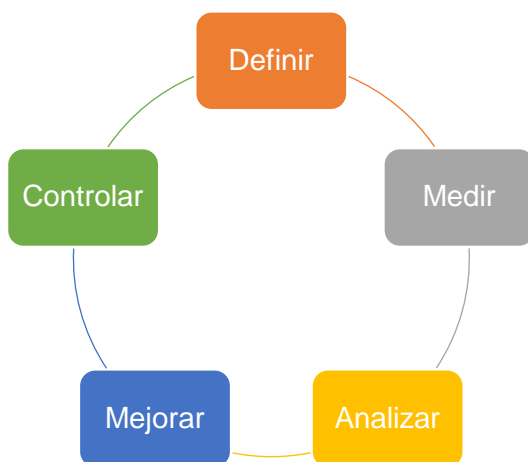


Figura 3. Fases de la metodología DMAIC.

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.1 Definir

Según Membrado (2013) es la etapa donde el equipo de trabajo obtiene respuesta a una serie de preguntas clave. Tales como:

- ¿En qué consiste el proyecto?
- ¿Por qué es importante?
- ¿Cómo se hace el trabajo en la actualidad?

La realización del proyecto será más sencilla una vez que se tenga claro el objetivo a modificar. Es vital que todos los integrantes del equipo de trabajo tengan claras las metas a alcanzar y los objetivos propuestos ya que son importantes para la realización de este. Es importante que, en esta etapa, se tome en consideración cualquier punto que tenga prioridad por sobre cualquier otro.

Durante esta etapa se pueden utilizar varias herramientas ingenieriles para un mejor entendimiento del proceso, como lo es el diagrama de Gantt. Como lo indica Hinojosa (2003) permite identificar la actividad en la que se utilizará cada uno de los recursos y la duración de esta utilización, de tal modo que puedan evitarse periodos ociosos innecesarios.

Un ejemplo de una delimitación de un proyecto puede ser el siguiente:

Tabla 3. Marco del proyecto seis sigmas.

Marco del Proyecto Seis Sigma	
Título	Declaración breve de la intención del proyecto
Necesidad	¿Por qué se debe apoyar el proyecto?
Declaración del problema	Resume los problemas que se abordarán
Objetivo	Declaración más específica del resultado deseado
Alcance	Establecer el aspecto específico del problema que se abordará
Roles y Responsabilidades	Los que intervienen en el proyecto
Propietarios	Departamentos, clientes o proveedores que serán afectados
Patrocinador	Directivo que se apoya en el proyecto y da seguimiento
Equipo de trabajo	Miembros específicos
Recursos	Procesos, equipos, datos, gente que no es parte del proyecto, pero se pueden requerir
Métricas	Variable a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto
Fecha de inicio	
Fecha planteada de finalización	
Entregable del proyecto	Beneficios medibles y tangibles que se esperan tener

Fuente: Espinoza (2016).

2.2.1.2 Medir

En la etapa de medición es donde se toman datos para cuantificar el problema e identificar la causa raíz de este. Los resultados finales, conocidos como “Y” dependen de las entradas del proceso (los materiales o la información utilizada) y de la ejecución del mismo. A estas variables (entradas y variables del proceso) se les conoce en Seis Sigma como las “X” (Membrado, 2007).

2.2.1.3 Analizar

Es en la etapa en la que el equipo se centraliza en la detección de las causas raíces, por tanto, toman apoyo en ciertas herramientas que les ayudan a resolver la situación, como: seis emes, diagrama de causa y efecto, lluvia de ideas, cinco por qué.

Se conoce como las seis emes a las que se mencionan a continuación:



Figura 4. 6 emes del proceso productivo.

Fuente: elaboración propia.

El diagrama de causa y efecto sirve como vínculo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, se puede proceder a la realización de este diagrama mediante una lluvia de ideas de los integrantes del equipo para lograr una visión desde perspectivas diferentes y así identificar una causa raíz con mayor facilidad (Romero y Díaz, 2010).

2.2.1.4 Mejorar

En esta etapa, como lo menciona Membrado (2007), es donde se implantan soluciones a los problemas encontrados que ataquen las causas raíces y que generen los resultados que se esperan.

El líder del equipo deberá analizar las mejoras o acciones propuestas que tengan sentido y coherencia con el problema detectado, estas acciones pueden ser correctivas o preventivas. Es importante crear un plan en donde se identifiquen estas actividades ya sea agregarlas al diagrama Gantt realizado posteriormente o crear uno nuevo en el que se documenten las nuevas tareas con fechas de conclusión.

2.2.1.5 Controlar

Es la etapa en la que se mantienen los esfuerzos realizados, evitar el regreso a los viejos hábitos y procesos, constituye en explicar y traspasar responsabilidades a personas que ejecuten el proceso a diario.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO

Para la realización de este proyecto es necesario contar con el apoyo de los distintos departamentos de la compañía, ya que, al ser una mejora por aplicar, incurre directamente en calidad, manufactura y por qué no compras, es por eso, que es importante definir los beneficios que se puedan presentar conforme la realización de este.

Según Guillén (2016) la productividad es uno de los temas que más influencia tiene en el proyecto, pues menciona que la productividad es la relación entre la producción y el insumo. Es decir, es la producción entre los recursos que se utilizan.

Así bien la productividad aumentará cuando:

- Exista una disminución de insumos y las salidas permanezcan constantes.
- Exista un incremento de salidas, mientras los insumos permanecen constantes.

Básicamente es saber aprovechar los insumos del proceso productivo para generar menos desperdicios y así la productividad se incremente.

Pero ligado a esto, al ser una empresa médica se encuentra el concepto de la calidad, ya que forma parte fundamental de la compañía. La calidad no debe ofrecerse únicamente en los productos finales, sino que debe estar presente a lo largo de todo el proceso de producción (Blog de Calidad, 2015).

Sin embargo, al ser un proyecto de aplicación en el piso de manufactura, se deben mostrar los beneficios a corto mediano y largo plazo. Los de corto plazo son los que se pueden realizar durante la aplicación del proyecto en la empresa.

A mediano plazo son los que se pueden alcanzar en un año o dos y para la aplicación de este proyecto se busca que la productividad se eleve mediante el análisis y la aplicación de soluciones, así la rentabilidad del producto puede elevarse.

Se puede considerar un análisis costo/beneficio para la aplicación del proyecto en mención, por ende, según Sánchez (2017) este proporciona en alguna medida la rentabilidad de implementación de algún proyecto.

Este consta de un análisis de 6 pasos, los cuales se detallan a continuación:

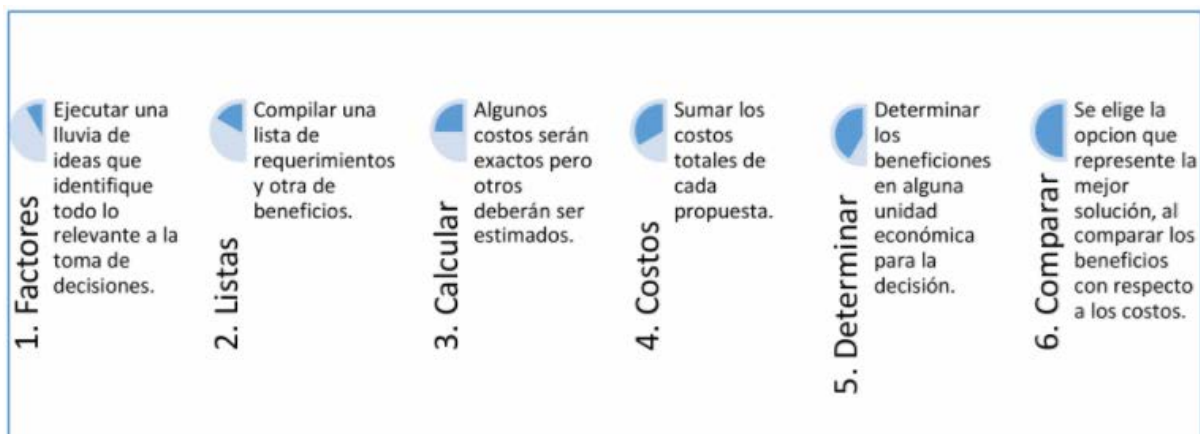


Figura 5. Pasos para análisis costo beneficio.

Fuente: Sánchez (2017).

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS: RESULTADOS DE EXPERIENCIAS ANTERIORES, SIMILITUDES O DIFERENCIAS

2.4.1 Autores consultados: coincidencias o discrepancias

En la empresa donde se realiza el proyecto de investigación, continuamente se realizan proyectos de mejora, los cuales se enfocan en tiempos, eliminación de proyectos, entre otros.

El análisis por realizarse en el proceso de manufactura del G5 Ring 5.5/6.0 puede incurrir en aspectos positivos o negativos para la empresa. Si bien es cierto, no se ha realizado un análisis exhaustivo en ninguno de los productos que se manufacturan actualmente, pero se han logrado realizar mejoras ya sea en los programas que se utilizan en las máquinas CNC o en el proceso de medición como tal.

Puede que las mejoras a implementar tengan relación con los cambios de programa, esto debido a que al ser una empresa médica todo debe estar documentado.

Una vez que las mejoras se implementen y algunas de estas incurran en el cambio del programa del producto evaluado, este debe someterse a una aprobación por parte de gerencia.

Durante la investigación, la única similitud que se encontró son los cambios de programas, ya que de las otras empresas manufactureras en Costa Rica que realizan sub-ensambles médicos para la columna vertebral no se tuvo acceso a información de esta relevancia (González, 2017).

Sin embargo, la gerencia apoyó y aceptó la aplicación de este proyecto debido a que elevar la rentabilidad de uno de sus productos trae beneficios para la compañía.

Como se mencionó anteriormente, ningún proyecto de esta índole se ha aplicado en Cincotek Medical, sin embargo, los que puedan llegar a tener relación con este han sido de éxito para la eliminación de rechazos, disminución de tiempos de ciclo y demás.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En cuanto a la definición del problema, es necesario considerar los puntos que afectan directamente al desarrollo del producto, estos pueden ser internos o externos al proceso de producción.

En el desarrollo del problema, cabe resaltar que este no se presenta como un problema inicial, sino como una mejora en este proceso establecido en gerencia.



Figura 6. Aspectos evaluados para la definición del problema.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 6, se muestran los elementos por los cuáles se estableció el proceso de manufactura del producto G5 ring 5.5/6.0. Tomando en cuenta que este proceso no tiene un estudio de costos establecido.

La idea del desarrollo del proyecto mediante el análisis de los diferentes elementos del costo es concretar cuánto es la utilidad real del producto, pero el objetivo principal es brindar las recomendaciones necesarias desde el análisis para crear una mejora y así aprovechar los beneficios de esta, reflejados en el costo.

En el desarrollo de este capítulo se definen los detalles propios de la investigación a realizar, como la finalidad, dimensión temporal, tamaño, así como también la naturaleza de esta.

Según Sampieri (2010) un enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadístico, el cual posee fases y características las cuales se detallan a continuación:



Figura 7. Proceso cuantitativo fases.

Fuente: Sampieri (2010).

Por otro lado, el enfoque cualitativo se guía por áreas o temas, utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

A continuación, las fases del proceso cualitativo:



Figura 8. Fases del proceso cualitativo.

Fuente: Sampieri (2010).

Existe el enfoque mixto, que sería la realización del enfoque cuantitativo y el cualitativo.

Debido a la limitación de tiempo, la investigación a desarrollar será un proyecto micro, ya que no se cuenta con tiempo ilimitado para la realización de esta, por tanto, en el tiempo establecido se pretende lograr los objetivos propuestos.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO

CUALITATIVO DEL PROYECTO

La metodología a utilizar durante el desarrollo del procedimiento será el análisis de cada uno de los elementos que incurran durante el proceso de manufactura del producto G5 Ring 5.5/6.0 en cuanto a costos.

La meta principal es crear una situación clara de lo que ocurre actualmente, con los costos de producción, debido a que la compañía en análisis no tiene un costo actual del proceso. Por tanto, no está definido ningún límite durante la manufactura.

Los meses en análisis serán agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017, esto debido a que son los meses en los cuales se tiene disponible el 100 % la información.

Para el análisis de la información no es necesario utilizar métodos estadísticos que representen una clara comprensión de la información, se utilizarán gráficas en las cuales se presente un resumen para así tomar la decisión del área o elemento en el cual se enfocará la propuesta de mejora.

La recolección de datos será mediante entrevistas, consultas a los sistemas internos de la compañía, así como también la toma de datos directamente en la máquina, por ejemplo, la recolección exacta de cuántas herramientas se gasta durante el proceso.

Para desarrollar la propuesta de mejora al ser un proceso productivo, tiene y cuenta con características cualitativas y cuantitativas, las cuales se aplicarán y se desarrollarán a lo largo de la investigación.

Cincotek Medical cuenta con una certificación por un ente externo llamado BSI *British Standards Institution* nombrada ISO 13485, esto debido a que se manufacturan sub ensambles médicos implantables en el cuerpo humano y esta ISO es referente a este tema.

A lo largo de la investigación, se utilizará el concepto DMAIC anteriormente descrito, ya que se adapta a la investigación en este ámbito productivo. Se eligió el mismo ya que se sugirió por parte de la gerencia de la compañía.

Es necesario evaluar el proceso productivo para así saber cuáles herramientas utilizar, ya que cualquier cambio en este tiene que notificarse para su debida aprobación, no existen antecedentes prácticos relacionados con este tema, sin embargo, el equipo de producción está anuente a la colaboración de información necesaria.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PRODUCTO O SERVICIO

Cincotek Medical no cuenta con un sistema o procedimiento a seguir en cuanto a la implementación de proyectos, esta es una empresa basada en la mejora continua de sus procesos de manufactura, por lo tanto, la metodología a utilizar será mediante lo que permita el sistema de calidad.

El proyecto se basa en costos, por tanto, la implementación de las mejoras deberá enfocarse en la mejora de alguno de los elementos involucrados durante el proceso de manufactura.

Una vez se tengan establecidas la o las propuestas de mejora para el proceso, la gerencia deberá revisarlas para asegurar que sean productivas y generen los resultados que se esperan.

Al ser una modificación en el proceso productivo, incurre en la modificación que deberá ser documentada en el sistema de calidad, al ser una empresa médica y estar regidos bajo la norma ISO13485:2003 y en proceso de implementación de la 2016 todo cambio que afecte directamente a algún proceso productivo deberá documentarse.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En la etapa de la implementación del Proyecto, como se mencionó en el punto 3.3, Cincotek no cuenta con un sistema de implementación de proyectos, sin embargo, se utiliza el sistema de calidad llamado Entropy, este sistema lo brinda el agente certificador de la ISO.

Una vez un proyecto de mejora es discutido por la gerencia, se crea como plan de acción dentro de este sistema, en el cual se deberán asignar responsables, fechas de caducidad y evidencia de que las acciones se implementaron.





Una vez que se implementan las acciones, tienen un tiempo de efectividad, el cual corresponde a que después de tres meses de implementada la acción no deberá quebrantarse.

En la figura 10 se muestra una imagen tomada del sitio de Entropy que es donde se llevaría el seguimiento de las acciones a implementar, estas acciones tienen

responsables, fecha de vencimiento y antes de cerrarla, el encargado de la misma deberá cargar alguna evidencia donde se demuestre la realización de la misma.

Tienen un número de secuencia y, además, se pueden auditar en una auditoría externa o interna, dentro de ellas pueden crearse tareas, las cuales podrán tener o ser asignadas diferentes personas responsables, el sistema se encarga de enviar una notificación para que el responsable asignado conozca de la creación de la misma.

Santa Rosa → Quality Management → Action Plans b

File GoTo Help    

Main Status Revisions

Sequence Number

Title *

Created

Last Updated

Owner

Name	Site	Contact Details	
Karla Galagarza Brenes	Santa Rosa	85531897 karla.galagarzabrenes@medtronic.com	Remove

Current Status Active

Category

Organisation Structure *

Department ▼

Action Required

Priority ▼

Cost

Responsibility *

Team

Tasks

Please save this record first

References Please save this record first

Figura 9. Imagen de un plan de acción en Entropy.

Fuente: BSI Entropy System.

CAPÍTULO IV. DIAGNÓSTICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Cincotek medical cuenta con ciertos procesos posteriores al proceso de maquinado, estos no se encuentran dentro del alcance de este proyecto, sin embargo, están representados en el siguiente flujo.



Figura 10. Flujo de sub-procesos en el producto G5 Ring 5.5/6.0.

Fuente: elaboración propia.

La figura anterior muestra el proceso completo para lograr las unidades del producto en análisis. Iniciando con el ingreso de materia prima, este punto se refiere al ingreso de las barras que se utilizan durante el proceso de maquinado a la estación de trabajo, el bodeguero se encarga de facilitar estas barras a todas las celdas de producción con el fin de llevar un orden específico de la materia prima que se utiliza.

Seguidamente está el proceso de maquinado, es el proceso en el que se centra el análisis del proyecto, en este consiste el análisis de todo lo introducido o necesario en este paso para la manufactura de las unidades físicas. La materia prima, el procesamiento de esta mediante la CNC (Control Numérico Computarizado) y el desecho de esta. Productos adicionales para la producción de las unidades, así como lo son el aceite y herramientas.

En fin, es llevar a cabo el estudio de cada uno de los componentes necesarios e involucrados para la manufactura del producto.

Luego está el proceso de Tumbler de Disco, este proceso consta de una máquina de centrifugado con ayuda de jabón, media cerámica y agua para la eliminación de aceite adherido a las unidades durante el maquinado de las piezas.

Una vez que se completa el paso de *tumbler* las unidades se introducen a una máquina de lavado ultrasónico, la cual se encarga de eliminar por completo cualquier partícula de los procesos anteriores.

Inspección final, es donde se realiza la verificación visual de las unidades bajo un microscopio a 10x asegurándose que ninguna de las unidades tiene ningún defecto

cosmético como: protuberancias, marcas de herramientas, rayones, golpes, entre otros.

Empaque y embarque, son las operaciones en las que se realiza la documentación final del producto, las unidades son embaladas en bandejas asegurándose que no se puedan salir de donde se ubican, la documentación que en estos pasos se realice es la que se enviará junto con el lote de producción al cliente.

En la primera parte de esta sección, se realizará el análisis del costo en el proceso de manufactura en el producto G5 Ring 5.5/6.0 con sus distintos componentes, como lo son el costo de mano de obra, materia prima, así como también los costos indirectos de fabricación.



Figura 11. Diagrama de causas evaluadas para el problema.

Fuente: elaboración propia.

En el punto de definición del problema se mencionó que el proyecto no se considera un problema, pero sí puede ser de beneficio para el panorama claro de los costos en el proceso de manufactura del producto en análisis.

El objetivo es analizar todos los puntos de los elementos del costo que puedan ser beneficiosos y disminuirles el costo mediante propuestas de mejora. Esto para tener mejoras en el proceso y que se cumpla una reducción de costos que sea efectiva, si bien es cierto el proyecto no está delimitado como un problema, sin embargo, como toda empresa mediante la realización de este debe tener impacto económico y que

las propuestas mejoren los puntos a analizar del proceso y clarifiquen el panorama del costo del producto.

En la figura anterior se muestran las principales causas evaluadas por parte de la gerencia para el establecimiento del tema que se desarrolla en este Proyecto. Estas causas surgen debido a que es necesario conocer mediante el análisis todos los costos del proceso para realizar las propuestas de mejora.

Estas causas se evaluaron mediante una lluvia de ideas de los departamentos de Ingeniería, Calidad y Manufactura, con cada uno de los gerentes del área.

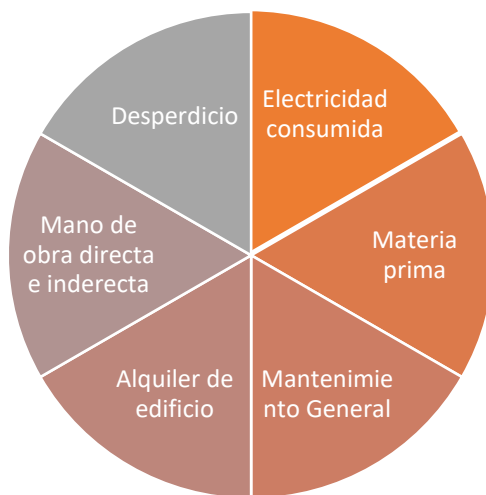


Figura 12. Elementos costeables para analizar.

Fuente: elaboración propia.

Se busca realizar este análisis para detectar en cuáles de estos puntos se encuentra un nivel elevado de gastos y así implementar o recomendar acciones de mejora en esta parte del proceso. Con la recolección de datos, como salarios de operadores,

costo de la materia prima, gastos de alquiler, electricidad, es decir, incluir los servicios indirectos a la fabricación del producto G5 Ring 5.5/6.0.

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO

Como se mencionó en la sección anterior, lo inicial es la recolección de datos para avanzar con el análisis de estos, dividiéndose en 3: materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación.

Con respecto a la mano de obra el monto del salario a utilizar será el que se indica en la planilla de la empresa.

Materia prima se enfocaría básicamente en la información direccionada a la manufactura de las unidades de G5 Ring 5.5/6.0, en la cual únicamente incurrirían las barras de cromo cobalto.

Por otro lado, los CIF (costos indirectos de fabricación) estarían contemplados por varios elementos que se presentan en la figura 8.



Figura 13. Elementos de los costos indirectos de fabricación (CIF).

Fuente: elaboración propia.

El análisis de cada uno de los elementos se llevará a cabo mediante la recopilación de datos en reportes diarios de producción, consultas con los respectivos departamentos como finanzas, manufactura e ingeniería. La evaluación se desarrollará en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre del 2017.

4.3 DATOS GENERALES

Para el análisis exitoso de los datos, se tomaron en consideración ciertos datos generales como: la producción mensual (agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017).

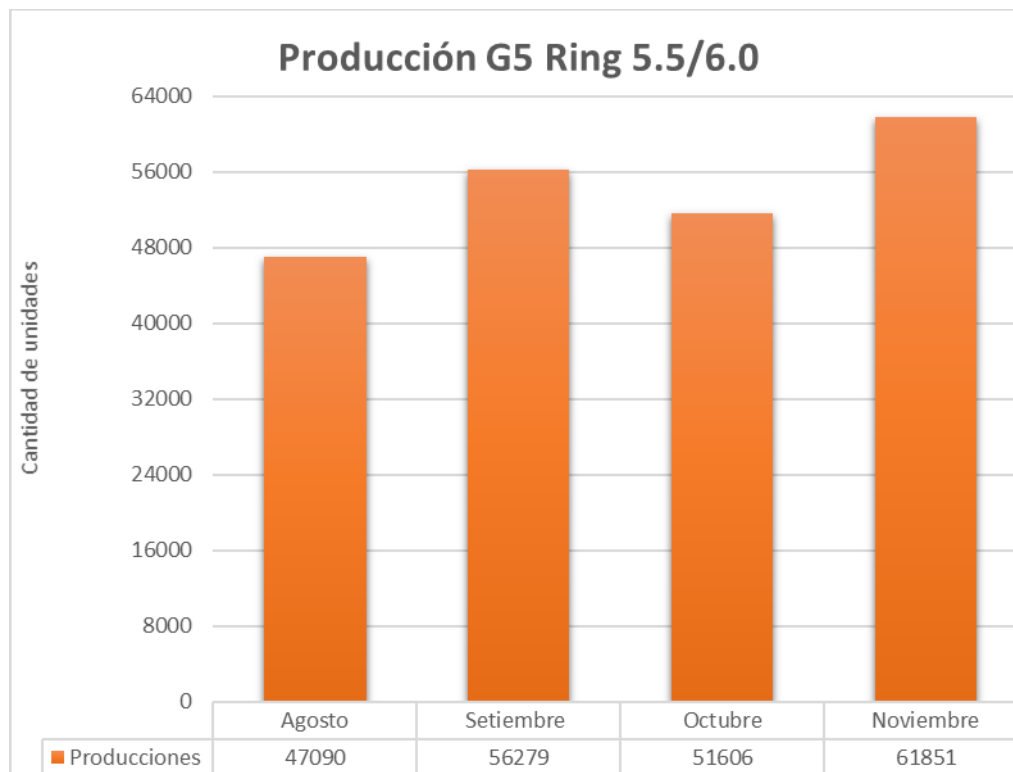


Figura 14. Producción del G5 Ring 5.5/6.0 durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017.

Fuente: elaboración propia.

Como se detalla en la figura 14, las producciones son variantes con respecto a los meses. Es necesario detallar que los días productivos también son variantes. Para los meses de agosto, setiembre y octubre los días contemplados y productivos son 25, mientras que para noviembre son 26. Esto debido a los domingos incluidos en los meses a evaluar.

El análisis se realizará en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre debido a que son los meses que se tiene toda la información accesible.

4.4 ANÁLISIS DE MANO DE OBRA

Al ser una empresa en crecimiento, los volúmenes de producción son constantes, por tanto, es necesaria la producción de tres turnos en una misma máquina en la realización del producto a evaluar (G5 Ring 5.5/6.0).

Cabe resaltar que esta empresa desconoce su costo de mano de obra actual, por tanto, no existen datos anteriores para realizar una comparación de estos.

Las personas que están encargadas de la manufactura de este producto son mecánicos especializados o con conocimientos en CNC (Control numérico Computarizado) el cual trabaja mediante coordenadas, por tanto, los requisitos para el puesto deben ser rigurosos.

Esta empresa clasifica a sus mecánicos a nivel salarial con respecto al producto que estos manipulen en las máquinas. El G5 Ring 5.5/6.0 es uno de los productos base y uno de los de mayor importancia debido a su alto nivel de producción.

Un mecánico que labora este producto gana en un promedio de ₡2250.00 colones la hora. Los datos necesarios para un cálculo exitoso de la mano de obra son con base en los días trabajados mensualmente (mencionados en el punto 4.3), el salario de los operarios y las producciones mensuales.

En los meses de agosto, setiembre y octubre, las horas trabajadas en total son 600 mientras que para noviembre son 624. Estas horas representan las horas en las que un mecánico estuvo manufacturando producto, por tanto, para el cálculo de cuánto es el monto total que se invirtió en la mano de obra se debe multiplicar esto por el salario promedio.

Tabla 4. Cálculo de pago en Mano de obra durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre
Cálculo detallado	600 horas x ¢2250,00	600 horas x ¢2250,00	600 horas x ¢2250,00	624 horas x ¢2250,00
Pago planilla	¢ 1 350 000,00	¢ 1 350 000,00	¢ 1 350 000,00	¢ 1 404 000,00

Fuente: elaboración propia.

Como se detalla en la tabla 4, el total invertido en salario para los meses de agosto setiembre y octubre es el mismo, sin embargo, para noviembre varía.

Seguidamente se evaluará el total invertido en salarios entre la producción de ese mes.

Tabla 5. Cálculo del costo de mano de obra por unidad durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre
Pago planilla	₡ 1 350 000,00	₡ 1 350 000,00	₡ 1 350 000,00	₡ 1 404 000,00
Producciones	47090	56279	51606	61851
Costo de MO x unidad	₡ 28,67	₡ 23,99	₡ 26,16	₡ 22,70

Fuente: elaboración propia.

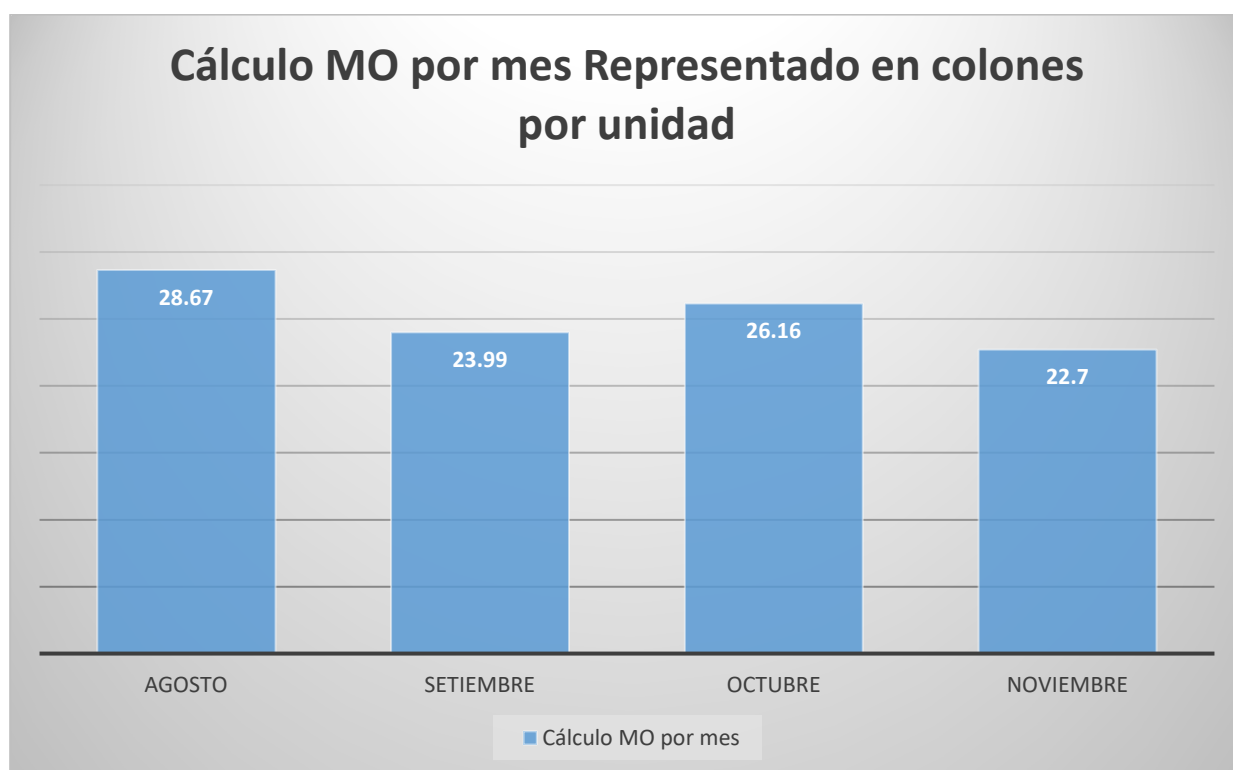


Figura 15. Cálculo de Mano de obra por mes representado en colones por unidad.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 5 y en la figura 15 el costo de mano de obra varía todos los meses, esto debido a que la producción no es constante, para efectos

de un número promedio y un mejor análisis se realizó una suma de lo pagado y una suma de lo producido, lo cual se representa en la tabla 6 a continuación.

Tabla 6. Promedio total del costo de Mano de Obra en colones por unidad.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Total
Pago planilla	₡ 1 350 000,00	₡ 1 350 000,00	₡ 1 350 000,00	₡ 1 404 000,00	₡ 5 454 000,00
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo de MO x unidad	₡ 28,67	₡ 23,99	₡ 26,16	₡ 22,70	₡ 25,15

Fuente: elaboración propia.

La tabla descrita anteriormente refleja que el promedio a usar para los cálculos de costos de mano de obra del producto G5 Ring 5.5/6.0 es de ₡25.15 colones por unidad.

4.5 ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

En cuanto a la materia prima utilizada para la manufactura de este producto, es una barra de un diámetro de 0.500" que es equivalente a 12.7mm, dicha barra es de una aleación química constituida principalmente de cromo y cobalto con una longitud de 6ft equivalente a 1.83m aproximadamente.



Figura 16. Sólido de la barra de cromo cobalto representada con medidas exactas.

Fuente: elaboración propia.

Cada barra de materia prima (6ft de largo) se introduce en la máquina de producción llamada CNC (Control Numérico Computarizado) y de ella se realizan los procesos internos de la máquina y como salida se obtiene la pieza final.

Estas barras se compran a una compañía extranjera, llamada Carpenter, por tanto, es necesario el envío marítimo de las mismas. Este envío incluye un impuesto, se conoce como impuesto por el sobrecargo, durante la planeación de las barras a utilizar el departamento de cadena de suministros realiza el análisis de cuánto es el impacto de este monto sobre las barras.

El costo de la barra de cromo cobalto por kilogramo es de $\$7963,51$ y cada barra pesa 21.38 Kg aproximadamente, por tanto, la barra cuesta $\$170\,259,84$. Este precio

incluye un impuesto de sobrecargo mencionado y el peso de cada unidad producida es de 0.0218 Kilogramos.

A continuación, en la tabla 7, se reflejará de acuerdo al peso de la unidad, este se multiplicará por la cantidad de unidades producidas durante estos meses para así tener el total de kilogramos gastados en materia prima.

Tabla 7. Cantidad de kilogramos consumidos por materia prima en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en kilogramos.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Total
Producción	47090	56279	51606	61851	216826
Peso por unidad	0,0218kg	0,0218kg	0,0218kg	0,0218kg	
Cantidad Kg consumidos	1 026,56kg	1 226,88kg	1 125,01kg	1 348,35kg	4 726,8kg

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior, 4 726,8 kg fue el total consumido en materia prima para los meses en análisis.

Seguidamente se realizará el cálculo de cuánto representan los kilogramos en colones para así concluir el costo de materia prima por unidad.

Tabla 8. Cálculo del costo de materia prima por unidad total promediado en colones.

	Totales
Kilogramos consumidos	4 726,8
costo del kilogramo	₡ 7963,51
total costo en MP colones	₡ 37 641 919,06
Producciones	216826
Costo de MP x unidad	₡ 173,60

Como resultado final en la tabla 8 se muestra que ₡173,60 es el monto de la materia prima asignado a cada unidad producida.

4.6 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN (CIF)

Como bien se mencionó en la figura 8 de este documento, para llevar a cabo un análisis completo de los costos indirectos de manufactura es necesario analizar mantenimiento, depreciación del equipo, los salarios de las personas involucradas durante la realización del producto, el desperdicio de la materia prima, la electricidad, además del alquiler y el seguro por incendios adquirido por la compañía.

4.6.1 Depreciación

En el análisis del costo de depreciación, se consideró únicamente la máquina que se utiliza para el proceso de maquinado. AFC (Asesores Fiscales Corporativos) es la empresa sub-contratada para el manejo de la contabilidad de Cincotek Medical, esta empresa indicó que el monto de la depreciación anual de la máquina es de ₡845 382,84, sin embargo, el análisis de la información se realiza mensualmente, por tanto, este monto dividido entre 12 meses sería de ₡70 448,57 mensual.

Tabla 9. Cálculo de la depreciación por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Total
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Depreciación Mensual	₡ 70 448,57	₡ 70 448,57	₡ 70 448,57	₡ 70 448,57	₡ 281 794,29
Costo deprec. x unidad	₡ 1,50	₡ 1,25	₡ 1,37	₡ 1,14	₡ 1,30

Fuente: elaboración propia.

La tabla 9 muestra, como se mencionó en el texto anterior, que la depreciación es constante para los meses, sin embargo, la variación del costo de depreciación por unidad se da debido a las producciones de esos meses, es por esto que se realiza una suma de las producciones y una suma total de las depreciaciones mensuales y se realiza un promedio entre estos, el cual da como resultado ₡1,30 de costo de depreciación por unidad producida.

4.6.2 Electricidad

La empresa encargada de brindar el servicio eléctrico a la compañía es la CNFL (Compañía Nacional de Fuerza y Luz), el edificio de Cincotek Medical consta de dos áreas principales, la planta de producción que es donde se encuentran las máquinas para la producción de las distintas unidades y el área administrativa. Al momento del análisis no se hizo la separación de estas dos áreas ya que se considera mínimo el consumo de esta área.

El cálculo de la electricidad se hizo con base en el porcentaje de producciones de todos los productos, esto para analizar que entre más producción más consumo de electricidad.

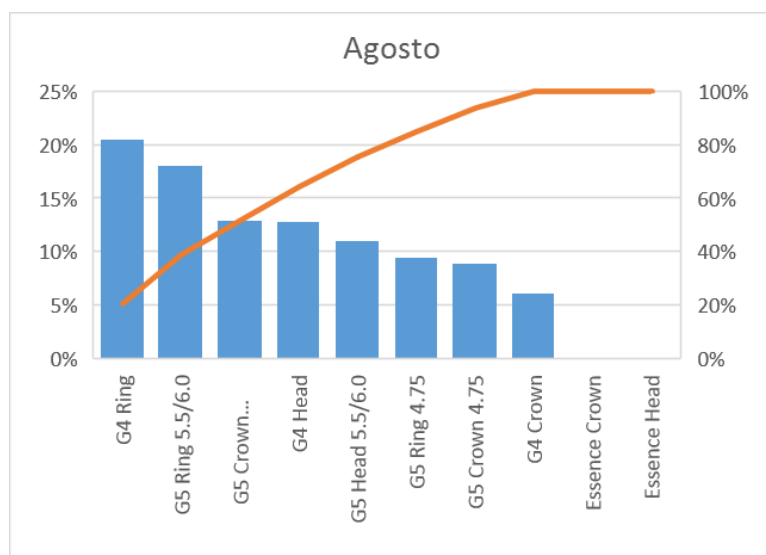


Figura 17. Pareto de Producciones agosto 2017 incluyendo todos los productos.

Fuente: elaboración propia.

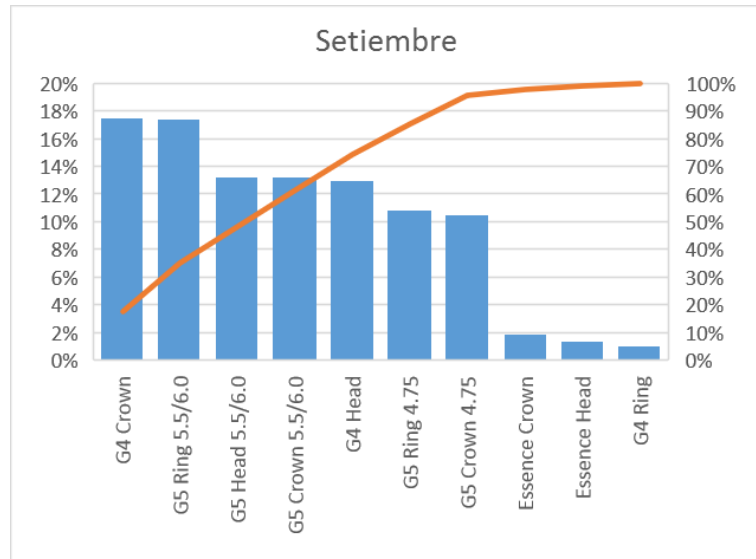


Figura 18. Pareto de Producciones setiembre 2017 incluyendo todos los productos.

Fuente: elaboración propia.

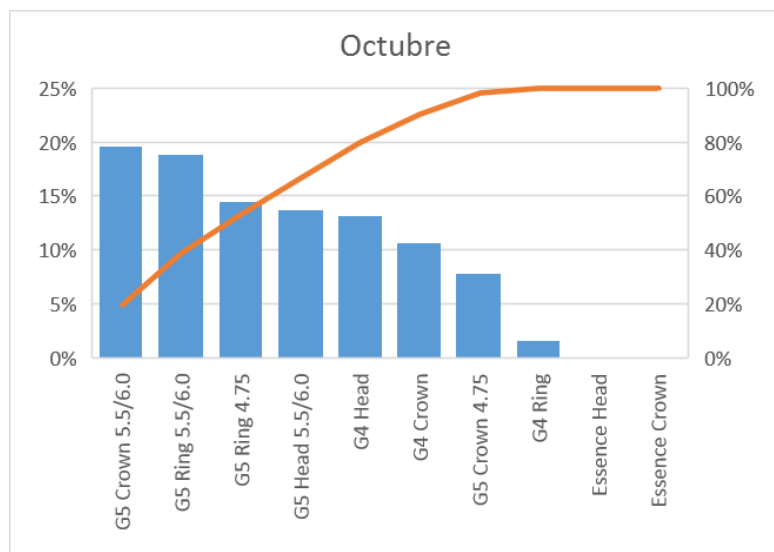


Figura 19. Pareto de Producciones octubre 2017 incluyendo todos los productos.

Fuente: elaboración propia.

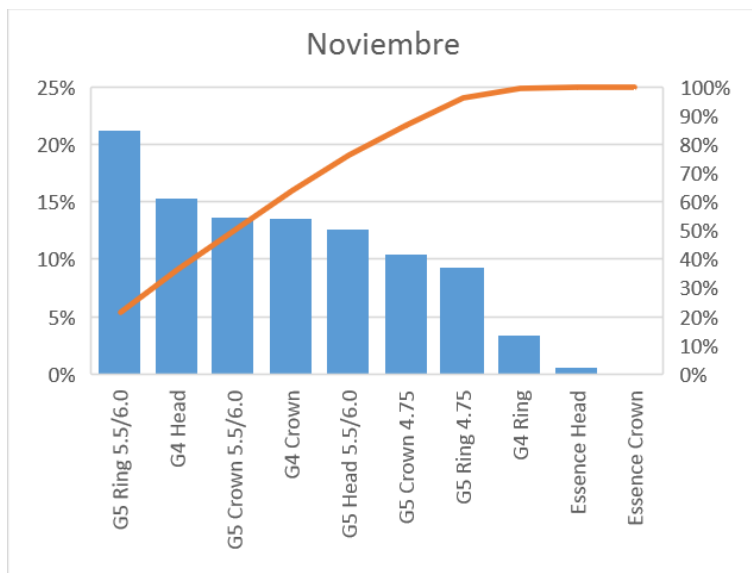


Figura 20. Pareto de Producciones noviembre 2017 incluyendo todos los productos.

Fuente: elaboración propia.

En las figuras 17, 18, 19 y 20 se muestra el producto en análisis (G5 Ring 5.5/6.0) siendo uno de los productos con mayor producción en esos meses, agosto con un 18 %, setiembre con un 17 %, octubre con un 19 % y finalmente, noviembre con un 21 % de las producciones totales de estos meses.

Tabla 10. Total cancelado en electricidad y monto asignado al G5 Ring 5.5/6.0 de acuerdo con los porcentajes de producción de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre
Monto de electricidad cancelado	₡ 10 946 592,00	₡ 11 298 745,00	₡ 11 085 004,00	₡ 11 346 859,00
Monto consumido por el G5 Ring 5.5/6.0 según porcentaje	₡ 1 970 386,56	₡ 1 920 786,65	₡ 2 106 150,76	₡ 2 382 840,39

Fuente: elaboración propia.

La tabla 10 representa el monto asignado por consumo del producto G5 Ring 5.5/6.0, como se explicó anteriormente, este monto se le asigna al producto de acuerdo con el porcentaje de producción total del mismo.

Tabla 11. Cálculo de la electricidad por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Total
Monto consumido por el G5 Ring 5.5/6.0 según porcentaje	₡ 1 970 386,56	₡ 1 920 786,65	₡ 2 106 150,76	₡ 2 382 840,39	₡ 8 380 164,36
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo Electricidad x unidad	₡ 41,84	₡ 34,13	₡ 40,81	₡ 38,53	₡ 38,65

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 11 se muestra que de acuerdo con las producciones el costo de la electricidad es variante, por tanto, se realizó la suma de las producciones además del total del pago en electricidad de los meses en evaluación y se realizó el promedio. Este cálculo da como resultado que ₡38,65 es lo que se paga en electricidad por unidad producida de este producto.

4.6.3 Alquiler

Cincotek Medical S.R.L no cuenta con un centro de manufactura propio de la empresa, desde sus inicios alquila un edificio perteneciente a la empresa Parque Industrial Zeta S. A., el cual se encuentra ubicado en Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia.

El monto del alquiler, según el contrato firmado por los primeros cinco años es fijo, de ₡4 565 000,00.

Tabla 12. Cálculo del alquiler por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Total
Alquiler	₡ 4 565 000,00	₡ 4 565 000,00	₡ 4 565 000,00	₡ 4 565 000,00	₡ 18 260 000,00
Monto asumido por el G5 Ring 5.5/6.0 según porcentaje de producciones	₡ 821 700,00	₡ 776 050,00	₡ 867 350,00	₡ 958 650,00	₡ 3 423 750,00
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo Alquiler x unidad	₡ 17,45	₡ 13,79	₡ 16,81	₡ 15,50	₡ 15,79

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 12, el costo de alquiler por cada unidad producida durante los meses en evaluación es de ₡15,79, el cálculo de este costo se realizó de la misma forma que en el caso de la electricidad, porcentualmente de acuerdo con las producciones de los meses y el monto dado para cada uno de estos se dividió en la cantidad de unidades producidas por mes, seguidamente la suma del monto pago y las producciones totales para así lograr el promedio establecido para el costo de alquiler por unidad producida.

4.6.4 Desperdicio

Una vez la máquina procesa la materia prima, el material sobrante se deposita en los recipientes etiquetados, este material es conocido como viruta.

El diámetro de la barra de cromo de cobalto que se utiliza actualmente es de 12.7 mm de diámetro, el diámetro externo de la barra es de 9.5mm, por lo tanto, el desperdicio actual es de 3.2 mm de diámetro más el interior de la pieza.

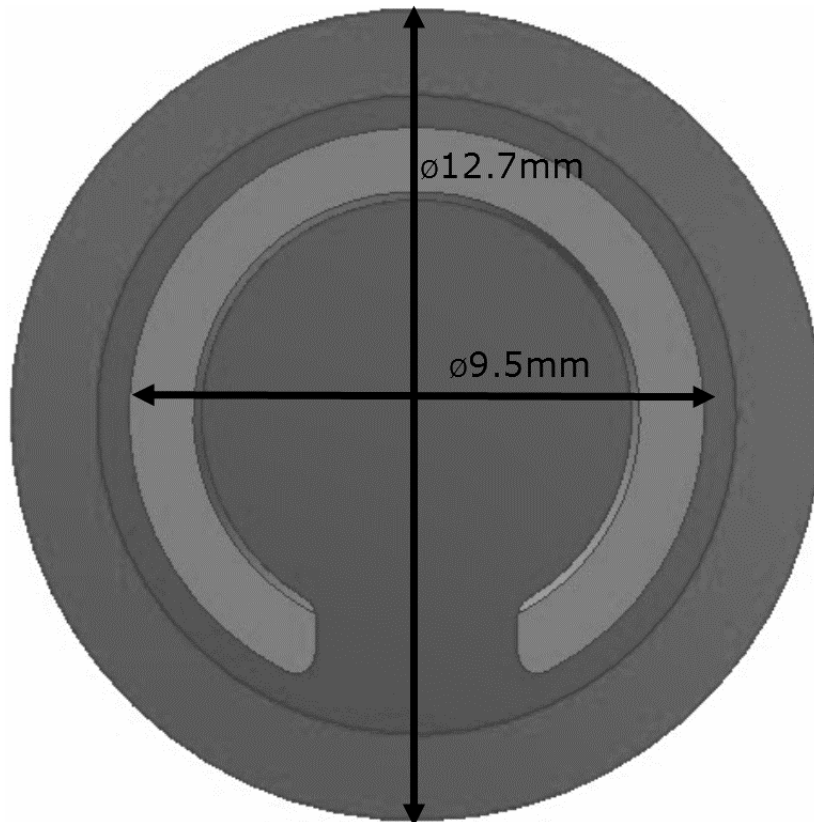


Figura 21. Imagen de la unidad representada en la barra.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 21, se representa la pieza por manufacturar en la barra de cromo cobalto en una vista frontal. Es donde se puede representar gráficamente el diámetro exterior de la pieza con el diámetro total de la barra.

El 3.2 mm desperdiciado actualmente del diámetro de la barra corresponde a un 25.20 % de la barra, por lo tanto, se representa en colones desde el costo de la barra el cual es de $\text{C}\$170\,260,00$ corresponde a $\text{C}\$42.905,52$ por barra consumida.

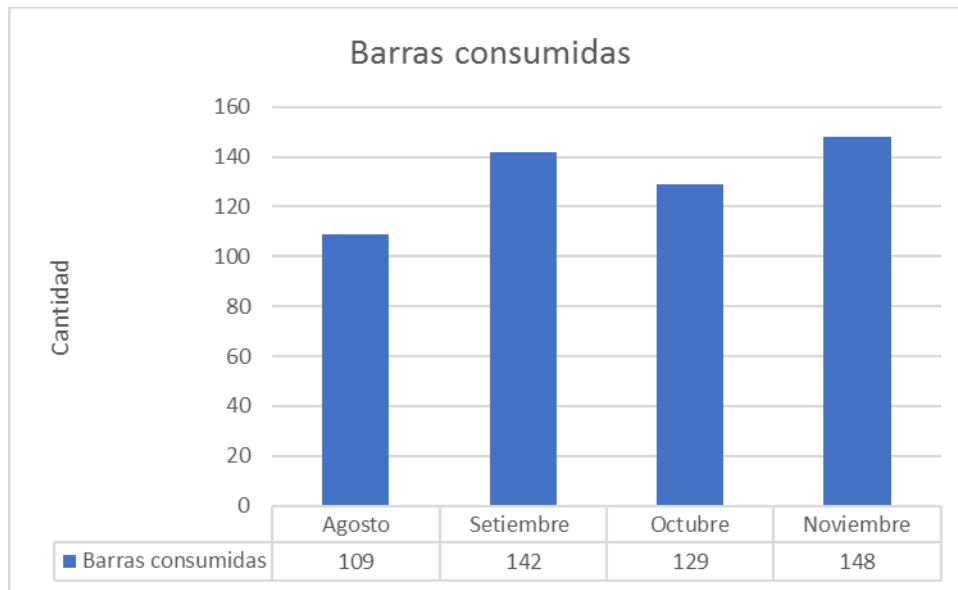


Figura 22. Barras consumidas durante los meses en análisis.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 22 se reflejan las cantidades de barras consumidas durante los meses evaluados. De igual forma, los datos de las barras varían debido a las producciones mensuales.

Es necesario representar la diferencia de kilogramos en las barras consumidas para así representar el desperdicio en ellas.

Tabla 13. Monto de kilogramos consumidos en manufactura durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en kilogramos.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Totales
Barras consumidas	109	142	129	148	528
kilogramos por barra	21,38 kg	21,38 kg	21,38 kg	21,38 kg	21,38 kg
Total kilogramos consumidos	2 330,42 kg	3 035,96 kg	2 758,02 kg	3 164,24 kg	11 288,64 kg

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13 se representa que el total de kilogramos comprados fue de 11 288,64 kg, en la tabla 7 se mostró que la cantidad de kilogramos consumidos en materia prima fue de 4 726,8 kg, por tanto, existe una diferencia de 6 561,84 kg la cual es el desperdicio.

De las barras totales consumidas solamente se aprovechó un 41.88 % para la materia prima, el restante 58.12 % se considera desperdicio.

Tabla 14. Cálculo del desperdicio por unidad de los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones. Cantidades totales.

	Totales
Total kilogramos desperdicio	6 561,84 kg
Costo del kilogramo	₡ 7963,51
Total desperdicio	₡52 255 278,46
Producciones	216826
Costo desperdicio x unidad	₡ 241,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14, se logra apreciar que el desperdicio de materia prima en los meses evaluados representa un costo de ₡241,00 por unidad producida.

4.6.5 Salarios otros

En el punto 4.4 se menciona el análisis del costo de mano de obra, sin embargo, existen 2 puestos indirectamente relacionados con la manufactura del G5 Ring 5.5/6.0, el supervisor de producción y el encargado de mantenimiento de las máquinas.

Con respecto al salario del supervisor, se demostró mediante unas observaciones generales durante una semana que el tiempo dedicado a este producto es 45 minutos de sus 8 horas laborales. Este resultado se logró mediante una hoja que el supervisor llenaba con los minutos cada vez que asistía la máquina. Cabe resaltar que el salario del supervisor es de ₡3400.00.

Tabla 15. Cálculo de horas invertidas en el producto del supervisor y el salario en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre
Horas dedicadas al producto	0,75	0,75	0,75	0,75
Días del mes	25	25	25	26
Total horas al mes	18,75	18,75	18,75	19,5
Salario del Supervisor/hora	₡ 3 400,00	₡ 3 400,00	₡ 3 400,00	₡ 3 400,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15 se muestra el cálculo paso a paso de las horas trabajadas por el supervisor solamente en lo relacionado con el producto G5 Ring 5.5/6.0.

Tabla 16. Cálculo de costo de salario del supervisor por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Totales
Total Pago a supervisor	₡ 63 750,00	₡ 63 750,00	₡ 63 750,00	₡ 66 300,00	₡ 257 550,00
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo de Salario supervisor x unidad	₡ 1,35	₡ 1,13	₡ 1,23	₡ 1,07	₡ 1,19

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 16 se representa el pago durante los meses en evaluación a los supervisores, este monto se representa solamente lo que se dedica al G5 Ring 5.5/6.0, como en casos anteriores, se calcula entre las producciones de estos meses y de ahí el promedio establecido para este costo.

Por tanto, se concluye que ₡1.19 es el monto que se utilizará para parte del análisis de salarios otros dentro de costos indirectos de fabricación (CIF).

Por otro lado, de igual forma como el salario de los supervisores se toma en cuenta el salario del encargado de mantenimiento, quien dedica 30 minutos de su tiempo al mes para realizar el mantenimiento de la máquina, este mantenimiento se realiza solamente una vez al mes y la duración de este está determinado por procedimiento que no debe ser mayor a 30 minutos.

Tabla 17. Cálculo de costo de salario de mantenimiento por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Totales
Total Pago a mantenimiento	₡ 1 000,00	₡ 1 000,00	₡ 1 000,00	₡ 1 000,00	₡ 4 000,00
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo de Salario Mantenimiento x unidad	₡ 0,02	₡ 0,02	₡ 0,02	₡ 0,02	₡ 0,02

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 17, el monto del costo para el salario del encargado de mantenimiento es considerablemente poco, sin embargo, es necesario tomarlo en cuenta para el análisis ya que representa un costo en la manufactura del producto.

4.6.6 Seguros

Cincotek Medical Costa Rica, cuenta con dos seguros adquiridos de la empresa INS (Instituto Nacional de Seguros), el seguro de riesgos de trabajo y el de incendio, por estos, se cancela una suma de ₡694 000.00 colones mensuales.

Al ser un seguro adquirido para toda la compañía, se realizó para el cálculo el mismo procedimiento de los porcentajes de producción con respecto al resto de los productos.

Tabla 18. Cálculo de costo de seguros por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Totales
Pago por seguro	₡ 694 000,00	₡ 694 000,00	₡ 694 000,00	₡ 694 000,00	
Monto asumido por el G5 Ring 5.5/6.0 según porcentaje de producciones	₡ 124 920,00	₡ 117 980,00	₡ 131 860,00	₡ 145 740,00	₡ 520 500,00
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo de Seguros x unidad	₡ 2,65	₡ 2,10	₡ 2,56	₡ 2,36	₡ 2,40

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la información detallada en la tabla 18, se concluye que ₡2,40 es el monto asignado al producto G5 Ring 5.5/6.0 para el concepto de seguros.

4.6.7 Mantenimiento

El monto de mantenimiento es todo lo relacionado con lo necesario para el procesamiento de la materia prima, en este caso específico lo que se requiere es el *coolant* o aceite para que en el momento de la fricción de las herramientas y la materia prima (el cromo cobalto) no genere un desgaste mayor y evitar incendios. Por otra parte, lo necesario para la manufactura de las piezas son las herramientas.

En este análisis, solamente se toma en consideración la herramienta que se consume en mayor cantidad, las otras se descartaron para el estudio.

Tabla 19. Cálculo de costo de Herramienta por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre	Totales
Consumo de herramientas	53	66	61	75	255
Costo de la herramienta	₡ 8 875,00	₡ 8 875,00	₡ 8 875,00	₡ 8 875,00	₡ 8 875,00
Total pago por herramientas	₡ 470 375,00	₡ 585 750,00	₡ 541 375,00	₡ 665 625,00	₡ 2 263 125,00
Producciones	47090	56279	51606	61851	216826
Costo de herramienta x unidad	₡ 9,99	₡ 10,41	₡ 10,49	₡ 10,76	₡ 10,44

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 19 se realiza el cálculo del costo de la herramienta por unidad para los meses en evaluación, el consumo de esas herramientas varía de acuerdo a los meses ya que las producciones son variadas. El monto asignado para el cálculo de las herramientas es de ₡10,44 colones.

En cuanto, al *coolant* el monto de cada estación es de ₡150 000,00 el consumo de este producto se representará en la figura 15.

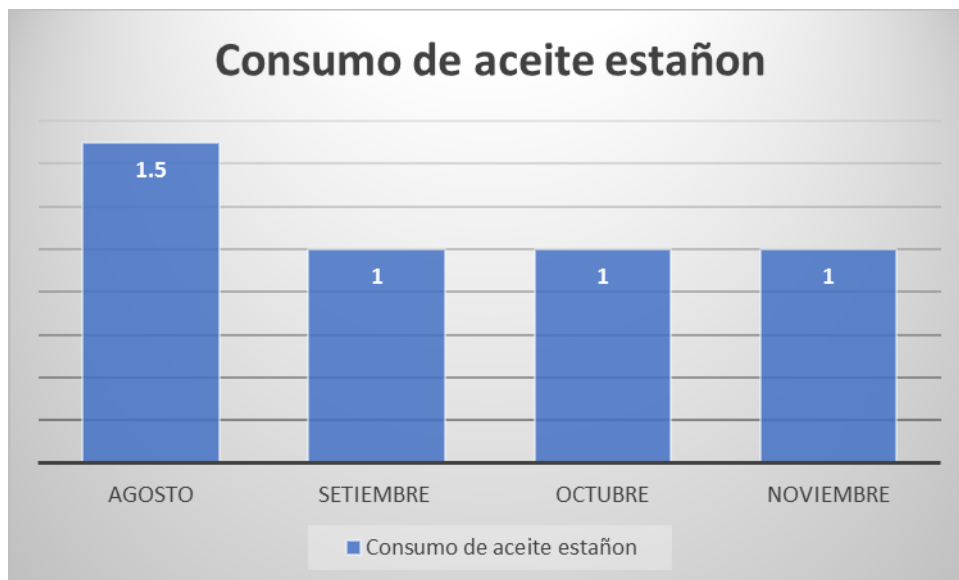


Figura 23. Consumo aceite durante los meses en análisis.

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura 23, el consumo de aceite es poco, debido a que se cambia cuando sea requerido por el mecánico. En la tabla 19 se representarán los costos de estos consumos y lo representado en las unidades.

Tabla 20. Cálculo de costo de aceite por unidad en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones.

	Totales
Consumo de aceite estañon	4,5 estañones
Costo del aceite	₡ 150 000,00
Total pago por Aceite	₡ 675 000,00
Producciones	216826
Costo de aceite x unidad	₡ 3,11

Fuente: elaboración propia.

El costo por unidad para el consumo del aceite es de ₡3,11, como se refleja en la tabla anterior.

4.7 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Durante el desarrollo de los puntos 4.4, 4.5 y 4.6 se recopiló la información necesaria durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre para crear un promedio del costo de cada uno de los elementos que se abarcan en estos puntos.

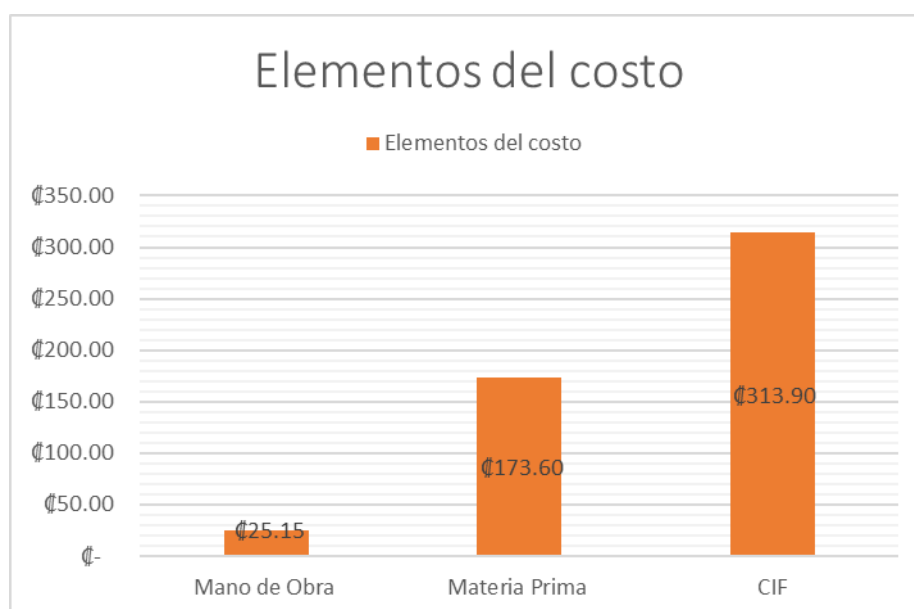


Figura 24. Monto en colones por cada uno de los elementos del costo (MP, MO, CIF).

Fuente: elaboración propia.

En la figura 24 se muestra que para mano de obra se concluyó que ₡25,15 es el costo de este elemento sumado al proceso de manufactura del G5 Ring 5.5/6.0. Por otro lado, ₡173,60 es el monto calculado para el elemento de materia prima y para

finalizar, los costos indirectos de fabricación (CIF) se concluyeron en ₡313,90. Todos estos montos representados en colones costarricenses.

En la línea de análisis los montos fueron en incremento, por tanto, el siguiente gráfico demuestra el porcentaje del monto total para cada uno de los elementos.

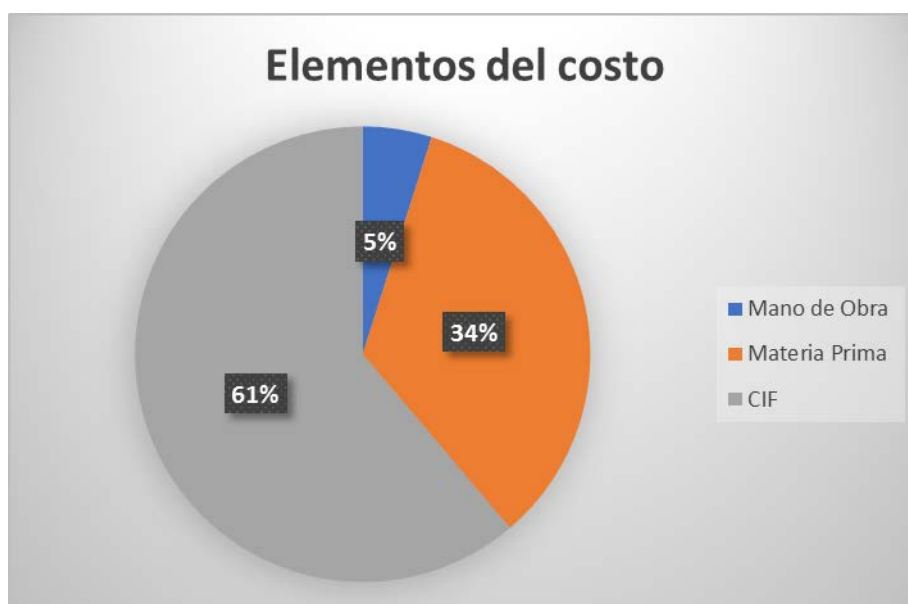


Figura 25. Porcentaje abarcado por cada uno de los elementos del costo.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 25 se presenta el costo de mano de obra con un 5 % la materia prima con un 34 % del porcentaje total y, por último, los costos indirectos de manufactura representan el 61 % del 100 %. La mayor concentración de los costos se encuentra en este último elemento.

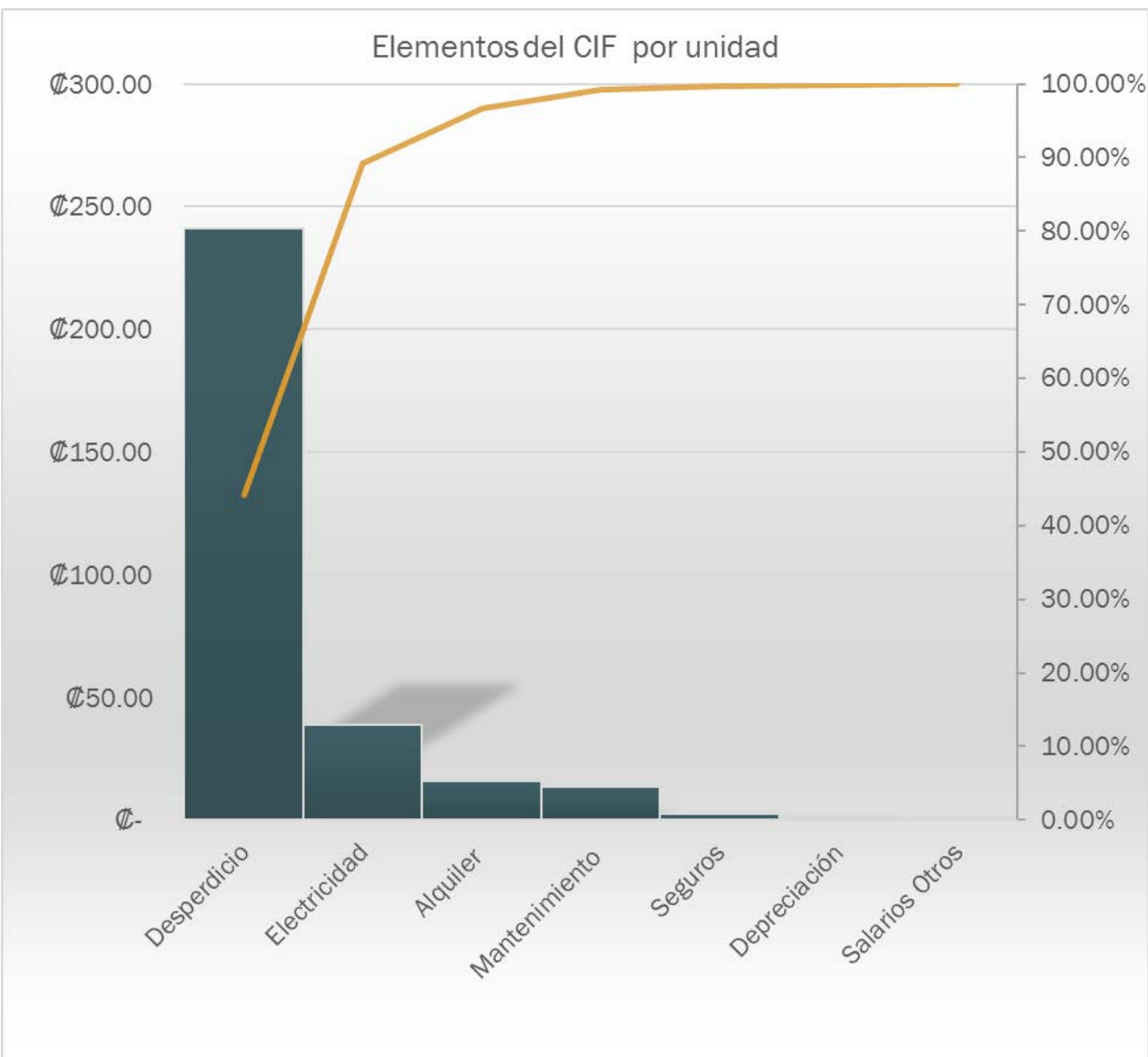


Figura 26. Desglose del elemento CIF por unidad.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 26 se muestra el desglose de los costos que abarcan el elemento de indirectos de manufactura, se muestra en decrecimiento. Cabe resaltar que los elementos evaluados dentro de este costo (CIF) son los principales para la manufactura del producto G5 Ring 5.5/6.0, únicamente en el paso de maquinado.

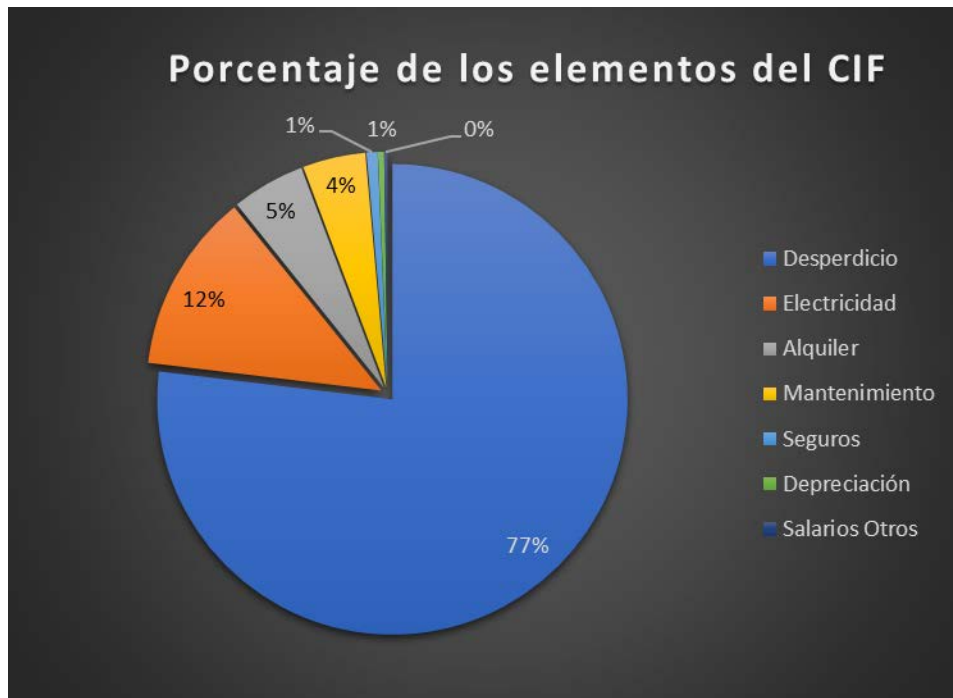


Figura 27. Desglose del elemento CIF representado en porcentajes.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 27 se muestra que el 77 % del costo abarcado de los indirectos de manufactura es el desperdicio, en segundo lugar, la electricidad con un 12 % y el tercer lugar con un 5 % el alquiler.

Es importante analizar todos los elementos estudiados, esto para llegar a una conclusión y establecer dónde se enfocarán las mejoras a implementar.

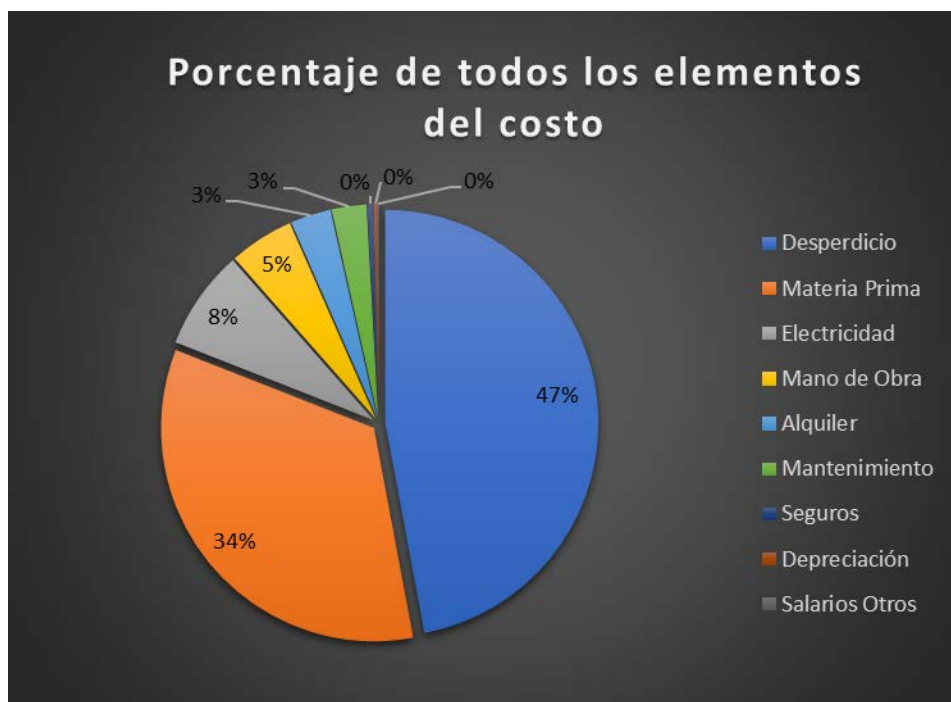


Figura 28. Porcentajes adquiridos del costo total contemplando todos los elementos del costo.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 28 se muestra que los mayores costos al analizar todos los elementos son en primer lugar el desperdicio con un 47 %, segundo lugar con un 34 % la materia prima y en tercer lugar se encuentra la electricidad con un 8 % de los costos totales.

CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 PROPUESTA DE MEJORA

A partir de lo que se analizó en el capítulo IV, se logró demostrar que los mayores costos se encuentran enfocados en el desperdicio de materia prima y electricidad.

La idea inicial del proyecto se basaba en un análisis de costos en el proceso de maquinado del producto G5 Ring 5.5/6.0, una vez que se realizó el análisis se logra conocer la situación actual del proceso.

Durante el desarrollo del capítulo V se planteará una mejora para el elemento desperdicio dentro de los costos indirectos de fabricación ya que es el elemento con mayor costo identificado. Así como también propuestas de mejora en los demás elementos.

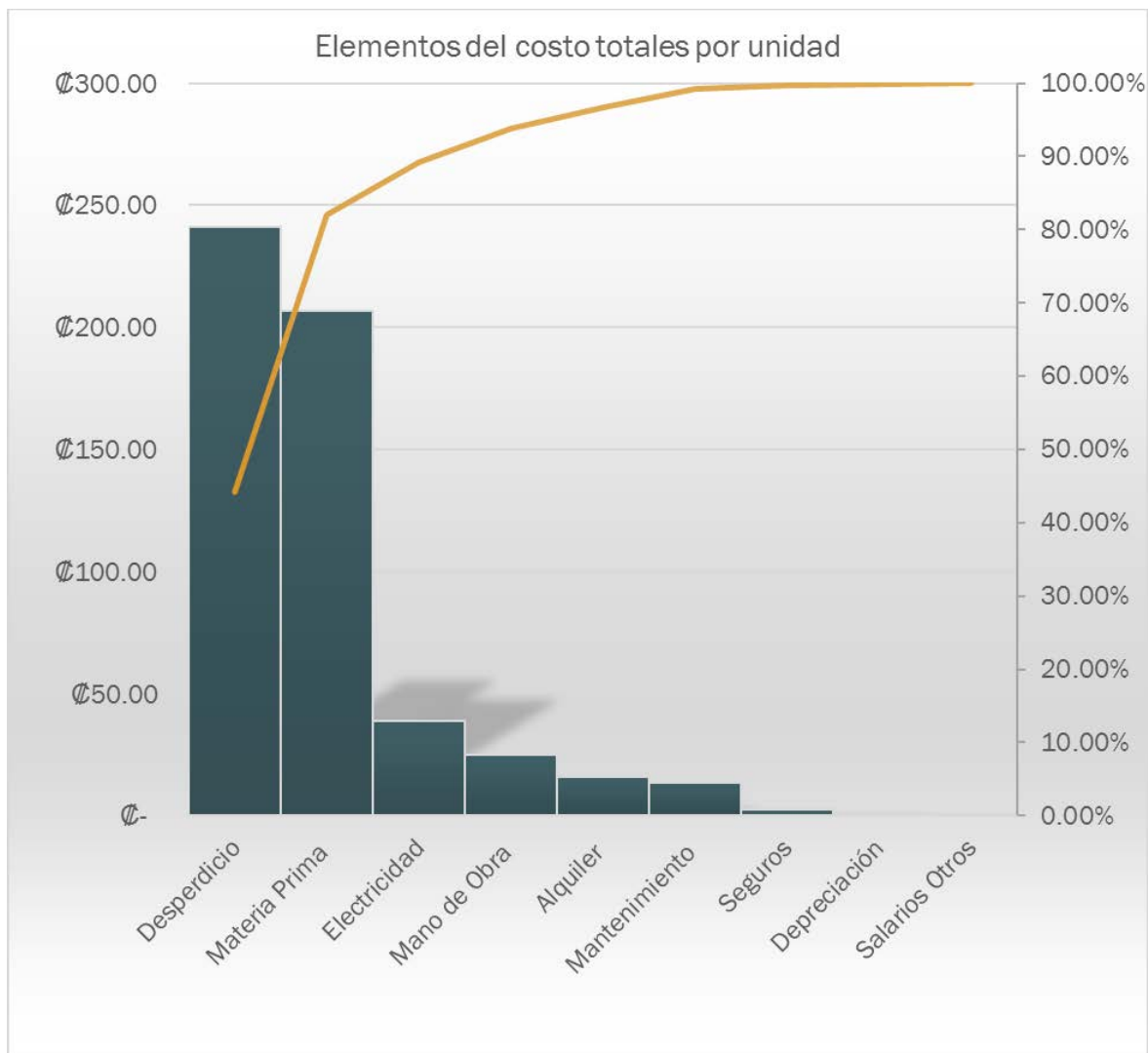


Figura 29. Desglose del costo de cada uno de los elementos por unidad representado en colones.

Fuente: elaboración propia.

5.1.1 Propuesta de mejora para el desperdicio y materia prima

En el punto 4.6.4, se menciona el proceso de desperdicio de la empresa en análisis, mediante una lluvia de ideas con el departamento de manufactura e ingeniería de Cincotek Medical se concluyó que:

La barra de cromo cobalto que se utiliza durante la manufactura de la pieza tiene un diámetro de 12.7mm representado en la figura 15 y el diámetro externo de la unidad es de 9.5mm el cual está representado en la figura 28.

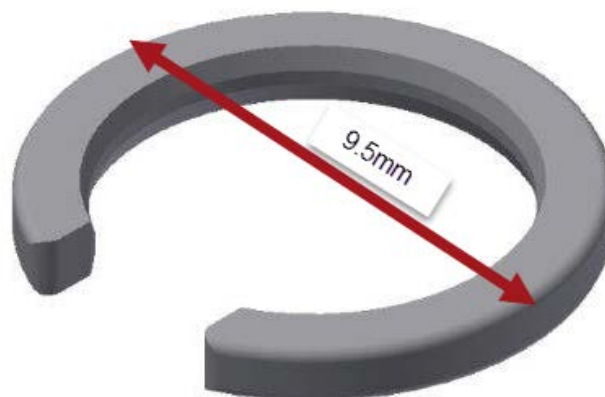


Figura 30. G5 Ring 5.5/6.0 representación del diámetro externo.

Fuente: elaboración propia.

Al ser el diámetro de la pieza menor al de la barra utilizada, se desperdician 3,2 milímetros de diámetro de la barra, es decir, el desperdicio actual únicamente diámetro externo de la barra es de un 25,20 % este desgaste en el diámetro de la barra lo realiza la herramienta que se analizó en el punto 4.6.7 “mantenimiento”.

La propuesta consiste en cambiar la barra que se utiliza actualmente para la manufactura de la pieza, de 12.7mm a 10 mm de diámetro.

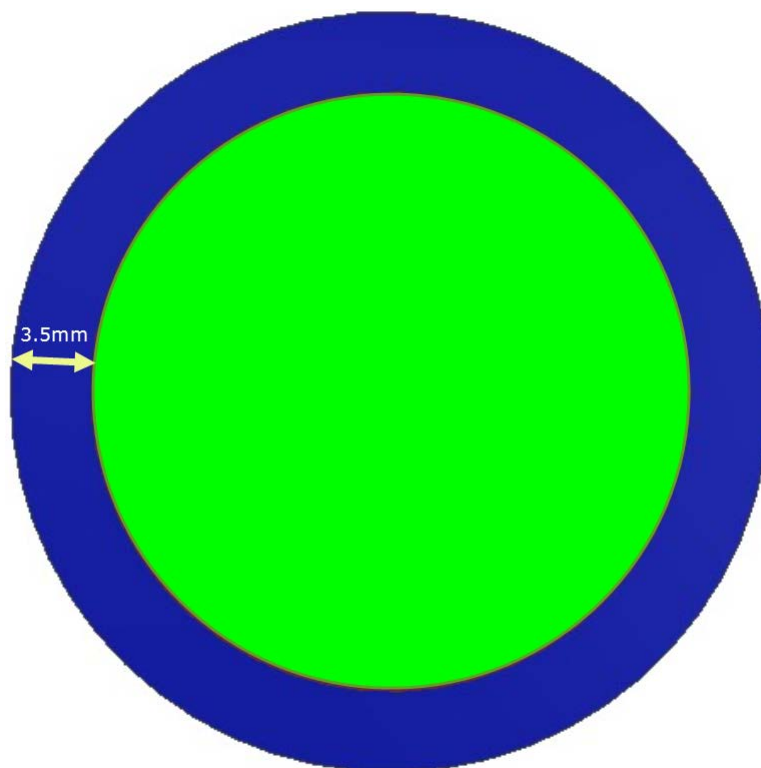


Figura 31. Dibujo de la circunferencia de la barra actual (12.7mm) vs. la nueva a implementar (10mm).

Fuente: elaboración propia.

En la figura 31 se representa la barra actual que sería el círculo azul contra la barra a implementar, el círculo verde.

Al disminuir la barra de diámetro, el desperdicio será menor, pasará de un 25.20 % a un 5 %, este porcentaje equivale al diámetro de la pieza ya que, en el interior de la misma, la barra se seguirá desgastando.

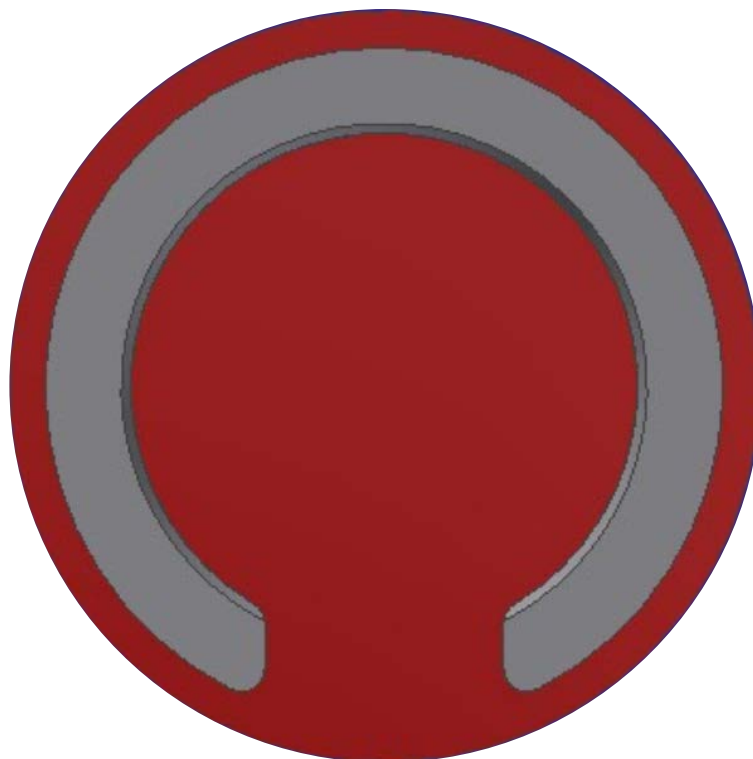


Figura 32. Comparación gráfica de la pieza en la barra a implementar (10mm).

Fuente: elaboración propia.

En la figura 32 se representa gráficamente el G5 Ring 5.5/6.0 en la barra a implementar (de un diámetro de 10mm) la sección en rojo es lo que se mantendría en desperdicio.

La nueva barra tiene un costo de $\text{C}\$86\,642,98$ con un peso de 10,88kg, es decir, la disminución de los 2.7mm es equivalente a una disminución de costo de $\text{C}\$83\,616,86$.

El consumo promedio de barras al mes es de 132 el monto cancelado actualmente, por la compra de estas barras el costo es de $\text{C}\$22\,474\,299,00$ por lo tanto, el desperdicio del diámetro actual es de $\text{C}\$5\,663\,523,44$ esto del resultado del 25,20 % actual desperdiciado de la barra.

El costo de la nueva barra es de ¢86 642,98 la cual pesa 10,88 kilogramos, el monto del kilogramo no es variante debido a que se compra el mismo material mensualmente con el promedio de 132 barras compradas la disminución del costo es de ¢11 037 424,47 en la compra.

Tabla 21. Comparación de peso, y costo del kg de la barra actual (12.7mm) contra la a implementar (10mm).

	Peso	costo del Kg	total por barra
Barra Ø 12.7mm	21,38kg	¢ 7 963,51	¢ 170 259,84
Barra Ø 10.0mm	10,88Kg	¢ 7 963,51	¢ 86 642,99
		Diferencia	¢ 83 616,86

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 21 se representa la comparación de la barra actual contra la que se implementaría según la propuesta de mejora.

Tabla 22. Comparación de las barras consumidas con los diferentes diámetros y el dinero a pagar por estas.

	Barras consumidas por mes promedio	total gastado en barras
Barra Ø 12.7mm	132	¢ 22 474,299,38
Barra Ø 10.0mm	132	¢ 11 436 874,52
	Diferencia	¢ 11 037 424,86

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra que la disminución de costos por mes con respecto a las barras puede ser hasta de ¢11 037 424,86.

Al cambiar la barra, varios puntos de los elementos del costo se benefician, por ejemplo, el consumo de la herramienta encargada del desbaste de la unidad se disminuiría y la vida útil de esta aumentaría. De igual forma esto beneficiaría económicamente en el momento de la compra de las herramientas.

Por otro lado, el tiempo de ciclo del producto será menor, ya que se eliminaría el tiempo de desbaste de la herramienta, no total, pero pasaría de 13 segundos en el desbaste a 3 segundos por unidad.

La implementación de esta mejora incurriría en un cambio del documento donde se encuentran todas las dimensiones llamado control plan, no precisamente porque afecte alguna dimensión, sino porque ahí establece el diámetro de la barra a utilizar.

El cambio se considera posible a corto plazo, sin embargo, si lo aprueba la gerencia es necesario gastar el inventario de barras actuales debido a que este es el único producto que utiliza las barras de este diámetro.

Ninguna otra propuesta de mejora se encontró durante el análisis de los demás elementos.

Las máquinas utilizadas en la manufactura de estos productos se consideran modernas, ya que tienen un modelo de fabricación 2010 y hasta el momento se ha evolucionado en un modelo mayor (2012) pero este modelo posee las mismas características de consumo que la actual. Por tanto, la electricidad no es un elemento al que se le pueda hacer alguna propuesta de mejora.

En el elemento del costo de alquiler, el edificio se encuentra ubicado en una zona franca, por lo tanto, goza de privilegios como la seguridad, estar exento de

impuestos, entre otros. Mover las máquinas a otro edificio para generar una disminución de costos de alquiler se considera no rentable, ya que al mover las máquinas encargadas de la manufactura del producto se les deben hacer los protocolos de instalación nuevamente, además, incurre en una recertificación en la ISO13485:2003. Por tanto, el alquiler se considera un elemento al cual no se le puede realizar ninguna propuesta de mejora.

Por otro lado, el mantenimiento de las máquinas es necesario, ya que las herramientas son las encargadas de manufacturar las unidades, la mejora posible es bajarles la calidad a estas para que salgan menos costosas, sin embargo, ponen en duda la realización del producto y al cambiarlas se les debe realizar una nueva aprobación por parte del cliente.

El aceite que se utiliza para la manufactura de las unidades es reciclado y reutilizado, por tanto, mantenimiento se considera un elemento al cual no se le puede realizar ninguna propuesta de mejora.

5.1.2 Propuesta de mejora para la mano de obra

La mano de obra que se utiliza para la manufactura de estos productos es calificada, el aprovechamiento del mecánico es dado en un 96 % según la descripción del puesto, este está encargado de los ajustes necesarios para la manufactura, además de las mediciones que se les realizan a las unidades con el fin de que sean aceptadas dimensionalmente.

Sin embargo, dentro de ese 96 % de aprovechamiento un 20 % del tiempo se encargan solamente de realizar los ajustes necesarios de la máquina, los cuales son los primordiales para la manufactura de la pieza.

Para los productos de G4 Head, otro de los productos manufacturados en esta empresa, los procesos de medición de las unidades los realizan operarios llamados *production support inspectors*. Este puesto no requiere estudios ni experiencia en la manufactura de unidades en tornos suizos, por tanto, el costo pagado por hora es menor al de un mecánico.

La propuesta de mejora consiste en cambiar el mecánico en la máquina por un operario y que los cambios de herramienta y ajustes los realice el supervisor.

Tabla 23. Cálculo de pago en Mano de obra durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones para un operario.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre
Cálculo detallado	600 horas x ¢1450,00	600 horas x ¢1450,00	600 horas x ¢1450,00	624 horas x ¢1450,00
Pago planilla	¢ 870 000,00	¢ 870 000,00	¢ 870 000,00	¢ 904 800,00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 23 se muestra el cálculo de lo que se hubiese pagado en planilla al tener un operario en la máquina vs un mecánico.

Tabla 24. Cálculo del costo de mano de obra por unidad durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre 2017 representado en colones. Para un operario.

	agosto	setiembre	octubre	noviembre
Pago planilla	₡ 870 000,00	₡ 870 000,00	₡ 870 000,00	₡ 904 800,00
Producciones	47090	56279	51606	61851
Costo de MO x unidad	₡18,47	₡ 15,45	₡ 16,85	₡ 14,62

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 24 se muestra lo que pudo llegar a ser el costo de mano de obra por unidad para los meses en análisis cambiando al mecánico por el operario.

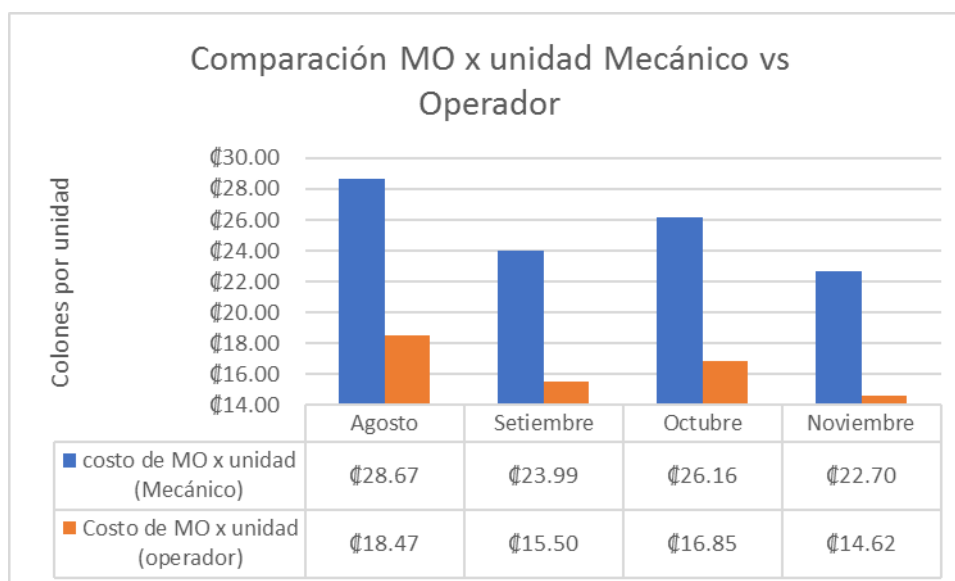


Figura 33. Comparación del cálculo de mano de obra con un mecánico vs un operador.

Fuente: elaboración propia.

El promedio de colones por unidad era de ₡25.38 con el mecánico en la máquina, sin embargo, con el cambio de mecánico por el operador sería de un ₡16.36, es decir existe una diferencia de 35,6 %.

Los cambios de herramienta o ajustes requeridos tardan entre 15 y 20 minutos cada 8 horas, por tanto, el supervisor es capaz de asumir este trabajo.

5.2 BENEFICIOS ESPERADOS

Los beneficios esperados con las propuestas de mejora relacionado al desperdicio se representan de la siguiente manera:

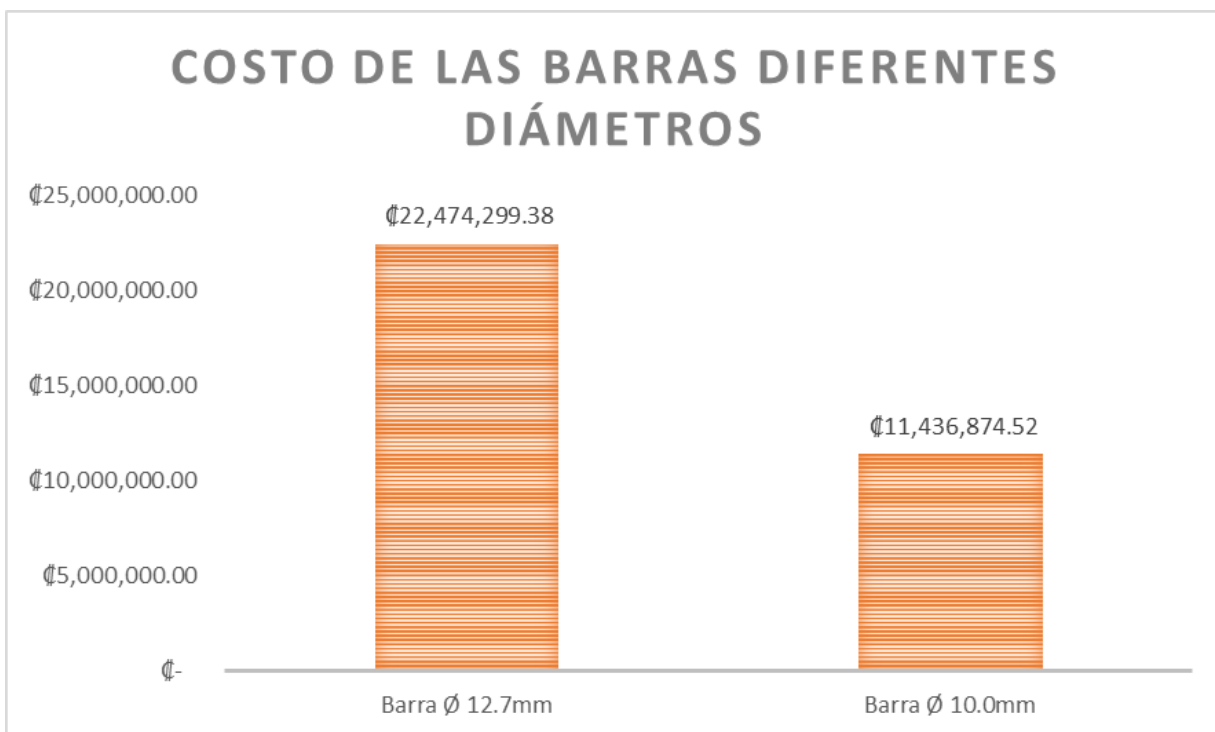


Figura 34. Costo de las barras por mes diferentes diámetros representado en colones.

Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se muestra el costo de las barras de los distintos diámetros, esto demuestra un ahorro de ₡11 037 424,86 mensual.

Los beneficios esperados para la propuesta de mejora de mano de obra se representan de la siguiente manera:

El promedio de producción de este producto por mes es de 55 000 unidades, en un mes de 30 días que es equivalente a 26 días laborales descontando los domingos es decir 624 horas.

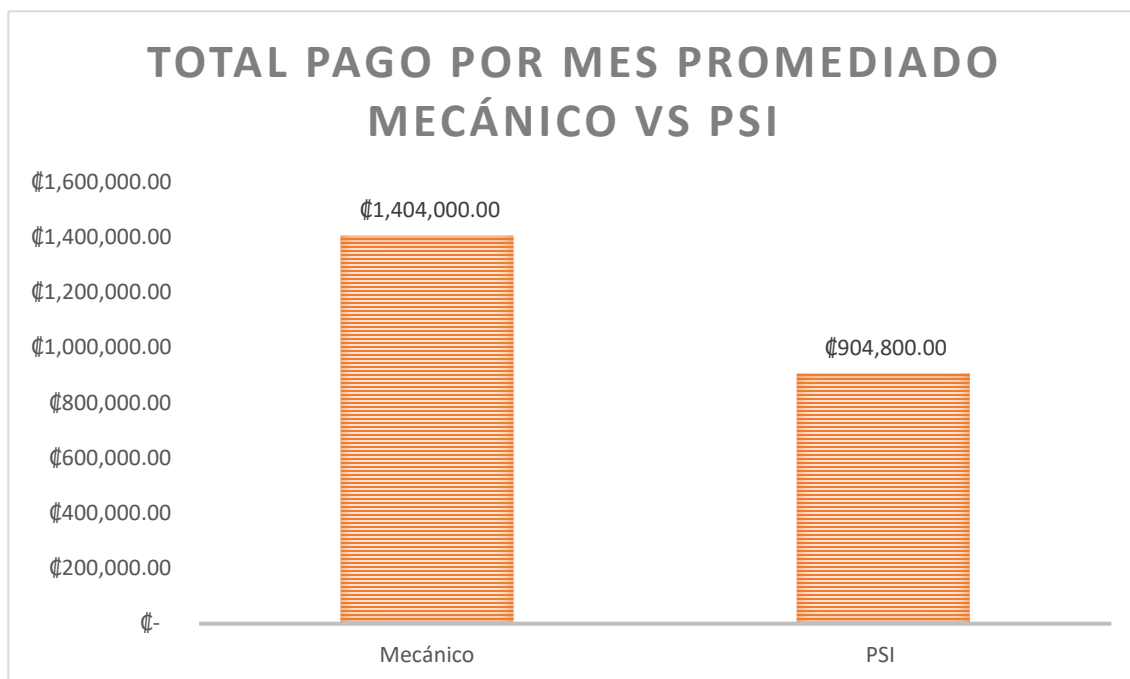


Figura 35. Pago en planilla de un mecánico vs PSI (Production Support Inspector).

Fuente: elaboración propia.

Es decir, existe un ahorro mensual de ₡499 200, 0 en el pago de mano de obra directa.

Por tanto, se puede afirmar que el ahorro total mensual equivale a 11 536 624.86.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El análisis de los costos se realizó en el proceso de manufactura de la empresa Cincotek Medical, el objetivo inicial del proyecto se basaba en la disminución de los costos de dicho proceso.

A pesar de que existían varios productos en la empresa Cincotek Medical, el análisis se realizó únicamente en el producto G5 Ring 5.5/6.0 y dentro de este solamente el proceso de manufactura.

Se analizó el proceso de manufactura en las máquinas CNC (Control numérico computarizado) y se encontró que el proceso que se realiza para la manufactura de producto es efectivo.

Sin embargo, se realizó el estudio de los elementos del costo y durante este análisis se encontró que existen elementos como mano de obra y desperdicio (este dentro de costos indirectos de fabricación) los cuales se pueden disminuir mediante las propuestas de mejora desarrolladas en este proceso.

Mediante este capítulo se realizaron las propuestas de mejora, el cual se encarga de la disminución de costos de manufactura y las cuales tienen un impacto económico positivo en la compañía.

6.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones del proyecto se basan a través del resultado de los análisis que se realizaron en los diferentes elementos del costo, el desarrollo de la propuesta de mejora es necesario implementarse debido a que:

- Beneficia los costos del proceso de manufactura del producto G5 Ring 5.5/6.0.
- Es una propuesta alcanzable y realizable a corto plazo.
- Se recomienda la pronta implementación ya que el impacto económico es alto.
- Requiere poco esfuerzo.

Uno de los puntos más importantes de las recomendaciones es que los beneficios económicos son mayores al esfuerzo a realizar para la implementación del proyecto.

Se le recomienda a la empresa Cincotek Medical realizar un análisis de costo tanto en sus otros productos como también en sus otros procesos, esto para garantizar que los procesos son rentables y se están efectuando de una forma eficiente.

Crear un panorama claro de costos beneficia tanto a la gerencia como también a la dirección de la compañía, la realización de este proyecto se basó en la disminución de costos. Al implementar las mejoras propuestas se logrará el objetivo.

APÉNDICES

Máquina CNC



Tumber de Disco



Lavado Ultrasónico



Estante de almacenamiento de barras por producto



Identificación y estante de barras en la máquina



GLOSARIO

Tumbler de disco: máquina de centrifugado que se utiliza para la remoción de exceso de aceite en las piezas.

Media cerámica: fragmentos de cerámica con una medida específica que se utiliza dentro del tumbler de disco para ayudar a la limpieza de las unidades.

BIBLIOGRAFÍA

Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Gutiérrez M., J. Pacheco, A. A., Eustorgio Rivera, A., Rivera, I. y Obregón, M. G. (2014) Introducción a la Ingeniería Industrial.

2da Ed. México: Grupo Editorial Patria. Disponible en:

<http://www.editorialpatria.com.mx/mobile/pdf/files/9786074383164.pdf>

Bonilla Felip, G. E. (2011). Producción sin desperdicios. B - Universidad de Santiago de Chile.

Chase, R. y Jacobs, R. (2014). Administración de Operaciones. Producción y

Cadena de Suministros 13ra Ed. Distrito Federal México: Mc Graw Hill

Education. Disponible en: <http://201.195.87.22:2222/book.aspx?ii=276>

Espin Carbonell, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo Preparación

Revista de investigación. Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

García Collín, J. (2014). Contabilidad de costos. (4a. ed.) McGraw-Hill

Interamericana. Disponible en: <http://201.195.87.22:2222>

González Correa, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) Principales

Herramientas. Revista Panorama Administrativo p. Disponible en:

<http://admon.itc.mx/ojs/index.php/panorama/article/view/63/70>

González, M. (2017). Comunicación Personal.

Guillén Dinarte, M. (2016). Incrementar el rendimiento del proceso productivo en la

línea 1,8 Lts Gable Top (H5) y Federal 2 a la capacidad teórica instalada en el

área de pasteurizados de la empresa Dos Pinos Coyal. Universidad

Hispanoamericana.

- Hinojosa, A. (2003). Diagrama de Gantt. Disponible en <http://www.colegio-isma.com.ar/Secundaria/Apuntes/Mercantil/4%4%20Mer/Administracion/Diagrama%20de%20Gantt.pdf>
- Jiménez Lemus, W. (2010). Contabilidad de costos. Bogotá Colombia: Sello editorial Fundación para la educación Superior San Mateo. Disponible en: <http://www.sanmateo.edu.co/documentos/publicacionción-contabilidad-costos.pdf>
- Lefcovich, M. (2009). Kaizen y su aplicación en instituciones de salud materia de mejoramiento continuo en los niveles de calidad, productividad y costos. El Cid Editor | apuntes.
- Membrado Martínez, J. (2013). Metodologías Avanzadas para la Planificación y Mejora. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S. A.
- Microsoft Office. (2007). Guías básicas Word. Disponible en: <https://support.office.com/es-es/article/Crear-una-tabla-de-contenido-en-Word-882e8564-0edb-435e-84b5-1d8552ccf0c0>
- Mora, E. F. (2016). Industria de dispositivos médicos asume un rol protagónico en Costa Rica. El Financiero.
- Pérez, M. (2017). Comunicación personal. Historia Cincotek.
- Romero Bermúdez y Diaz Camacho. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Sistema de información Científica México Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/270/27018888005/>

Sánchez Rodríguez, C. (2017). Implementación de mejoras para la reducción del desperdicio del producto Sight Chamber en el área de moldeo de la empresa Hospira Costa Rica de octubre 2016 a febrero 2017. Universidad Hispanoamericana.

Santos, J. y Wysk R. A. y Torres J. M. (2015). Mejorando la Producción con Lean Thinking 2da Ed. Difusora Larousse-Ediciones Pirámide. Disponible en:
<http://201.195.87.22:2056/lib/bibliouhsp/detail.action??dd oclD=11424147>

Universidad Hispanoamericana. (2017). Normas APA (N. 6-2012) Manuscrito no publicado.

Villalobos Navarro, E. (2017). Diseñar una propuesta de mejora eliminar el tiempo extra para el producto XXE en el proceso de producción en la empresa EVN Medical. Heredia, Costa Rica: Universidad Hispanoamericana.

Weblog Blog Calidad ISO. (2015). La calidad en los procesos de producción. Disponible en: <http://blogdecalidadiso.es/la-calidad-en-los-procesos-de-produccion/>