

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

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

**PROPUESTA DE MEJORA EN LOS TIEMPOS  
DE SET-UP DEL DEPARTAMENTO DE CNC 4  
EJES EN LA EMPRESA OBERG MEDICAL,  
DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL  
AÑO 2019**

**Estudiante: José Esteban Rivas Calvo**

**Tutor: M. Sc. Ana Catalina Martínez**

**Heredia, Marzo, 2019**

# CARTA DEL TUTOR

## CARTA DEL TUTOR

San José, 30 de julio de 2019

**Destinatario**  
**Carrera**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante **Jose Esteban Rivas Calvo**, cédula de identidad número 1-1403-0781, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Propuesta de mejora en los tiempos de set up del departamento de CNC 4 ejes en la empresa Oberg Medical, durante el primer cuatrimestre del año 2019**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	17%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL	100%	90%

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

Atentamente,

**Msc. Ana Catalina Martinez Matarrta**  
**Ced: 1-1151-0151**

## CARTA DEL LECTOR

### CARTA DE LECTOR

Heredia,

Universidad Hispanoamericana  
Sede Heredia  
Carrera Ingeniería Industrial


Estimado señor

El estudiante JOSE ESTEBAN RIVAS CALVO, cédula de identidad número 1-1403-0781, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE MEJORA EN LOS TIEMPOS DE SET-UP DEL DEPARTAMENTO DE CNC 4 EJES EN LA EMPRESA OBERG MEDICAL, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019", el cual ha elaborado para obtener su 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 análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos 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.

Atte.

Firma   
Nombre Ing. Esteban Beita Navarro.  
Cédula 1-1069-0046  
Carné IPI-27501

## CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

Cartago, 02 de octubre de 2019

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, cédula de identidad número 3 0447 0799 y Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, cédula de identidad número 1 1345 0416, vecinos de Quebradilla de Cartago, en calidad de filólogos revisamos y corregimos el trabajo final de graduación que se titula: *Propuesta de Mejora en los Tiempos de Set-Up del Departamento de CNC 4 Ejes en la Empresa Oberg Medical, durante el Primer Cuatrimestre del Año 2019*, sustentado por José Esteban Rivas Calvo.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de forma, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. La originalidad y la validez del contenido son responsabilidad exclusiva del autor y de sus asesores.

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

  
Elena Redondo Camacho  
Céd. 3 0447 0799  
Bachiller en Filología Española  
Carné Acfil 0247

  
Daniel González Monge  
Ced. 1 1345 0416  
Bachiller en Filología Española  
Carné Acfil 0245



# DECLARACIÓN JURADA

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Jose Esteban Rivas Calvo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1403-0781 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, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DE MEJORA EN LOS TIEMPOS DE SET-UP DEL DEPARTAMENTO DE CNC 4 EJES EN LA EMPRESA OBERG MEDICAL, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 30 días del mes de julio del año dos mil diecinueve.



---

Firma del estudiante

Cédula 1-1403-0781.

# ACTA DE GRADUACIÓN



## Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: **Ing. Ana Catalina Leandro Sandi**, representante dirección de carrera, **Ing. Ana Catalina Martínez Matarrita** tutora y **Ing. Esteban Beita Navarro** lector, se presenta al postulante **Rivas Calvo José Esteban** Cédula n° **1-1403-0781** quien hace defensa pública de su trabajo final de graduación, titulado: "**PROPUESTA DE MEJORA EN LOS TIEMPOS DE SET-UP DEL DEPARTAMENTO DE CNC 4 EJES EN LA EMPRESA OBERG MEDICAL, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019**". Para optar por el grado académico de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**.

Una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al período de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que al estudiante: **Rivas Calvo José Esteban**, ha **aprobado** su requisito de graduación con un puntaje de **94** en la escala de 0 a 100.

Firmado en la Universidad Hispanoamericana el día: **miércoles 14 de octubre del 2020**.

Director(a) de Carrera:	Ana Catalina Leandro Sandi
Tutor(a):	
Lector(a):	
Estudiante:	

Firmado digitalmente por  
Ana Catalina Leandro Sandi  
Fecha: 2020.10.14 10:18:04  
-8078

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

San José, 26 de octubre 2020

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Esteban Rivas Calvo con número de identificación 1-1403-0781 autor (a) del trabajo de graduación titulado PROPUESTA DE MEJORA EN LOS TIEMPOS DE SET-UP DEL DEPARTAMENTO DE CNC 4 EJES EN LA EMPRESA OBERG MEDICAL, DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019 presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de bachillerato en ingeniería industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,



\_\_\_\_\_  
Firma y Documento de Identidad

## DEDICATORIA

A mis padres Martha y Ronald (QEPD) quienes fueron para mí el ejemplo de superación, gracias por los valores inculcados y el apoyo incondicional.

A mi esposa Saylin e hijos, Jareth y Thiago, por ser el motor que me impulsó durante toda mi carrera, gracias por ser la fuerza extra.

Esteban Rivas Calvo

*“Después de escalar una montaña muy alta, descubrimos que hay muchas otras montañas por escalar”.*

*(Nelson Mandela)*

## ÍNDICE

Carta del tutor .....	ii
Carta del lector.....	iii
Declaración jurada .....	v
Dedicatoria.....	vi
Índice .....	ix
Índice de figuras.....	xiv
Índice de gráficos.....	xv
Índice de tablas.....	xvi
Acrónimos y siglas .....	xvii
Resumen ejecutivo.....	xviii
Capítulo I. Introducción .....	1
1.1. Descripción general del proyecto .....	2
1.2. Descripción general de la empresa .....	4
1.2.1. Organigrama de Oberg Costa Rica .....	5
1.3. Planteamiento del problema.....	8
1.3.1. Definición del problema .....	8
1.3.2. Justificación del problema .....	9
1.4. Objetivos del proyecto.....	11

1.4.1. Objetivo general.....	11
1.4.2. Objetivos específicos .....	11
1.5. Alcances y limitaciones .....	12
1.5.1. Alcances .....	12
1.5.2. Limitaciones.....	12
Capítulo II. Marco teórico .....	14
2.1. Marco conceptual general relativo a la carrera.....	15
2.1.1. Ingeniería Industrial .....	15
2.1.2. Voz del cliente .....	15
2.1.3. Voz del cliente externo.....	16
2.1.4. Teoría de restricciones .....	17
2.1.5. Lluvia de ideas.....	17
2.1.6. Ishikawa (Diagrama de causa y efecto) .....	18
2.1.7. Multi voto .....	19
2.1.8. Métricas y metas.....	20
2.1.9. Mapeo de procesos .....	20
2.1.10. Declaración del problema .....	21
2.1.11. Single Minute Exchange of Dies (SMED).....	21
2.1.12. Estudio de tiempos .....	23
2.1.13. Muestreo aleatorio .....	23

2.1.14. Probabilidad.....	24
2.1.15. Trabajo estándar.....	24
2.1.16. Diseño de experimentos (DOE por sus siglas en inglés).....	25
2.2. Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	27
2.3. Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	29
2.4. Antecedentes de proyectos o experiencias similares.....	30
Capítulo III. Marco metodológico.....	31
3.1. Metodología para la definición del problema.....	32
3.2. Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.....	35
3.3. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	37
3.4. Metodología para la implementación del proyecto.....	38
3.5. Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados.....	40
Capítulo IV. Línea base y análisis de causas.....	41
4.1. Situación actual del proceso productivo en el departamento CNC 4 ejes para el dispositivo médico Constrained.....	42
4.1.1. Maquinaria utilizada.....	42
4.1.2. Dispositivo médico en estudio.....	44
4.1.3. Proceso productivo del dispositivo.....	45
4.1.4. Síntomas del problema en estudio.....	49

4.1.5. Estudio del problema .....	51
4.1.6. Estudio de tiempos en campo .....	56
4.1.7. Definición de causa raíz .....	67
4.1.8. Resumen del capítulo .....	70
Capítulo V. Diseño e implementación de la solución .....	72
5.1. Diseño de la propuesta de mejora.....	73
5.1.1. Compra de un juego adicional de holders y asignación de tarjeta para programas .....	73
5.1.2. Diseño de hoja de trabajo estándar .....	75
5.1.3. Análisis de costos de la mejora.....	78
5.1.4. Costo de la propuesta de mejora .....	79
5.1.5. Análisis de costo-beneficio.....	80
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones .....	82
6.1. Conclusiones .....	83
6.2. Recomendaciones .....	86
Bibliografía .....	87
Apéndices .....	90
Apéndice A: Tabla de estudios de tiempos operario 1 .....	91
Apéndice B: Tabla de estudios de tiempos operario 2 .....	92
Apéndice C: Tabla de estudios de tiempos operario 3 .....	93

Apéndice D: Tabla de preparación de máquina para el producto Constrained trabajadas en el periodo enero a junio 2019 .....	94
Apéndice E: Órdenes de producción activas de Constrained a julio 10.....	99
Apéndice F. Hoja de trabajo estándar para las tareas externas .....	102
Apéndice G. Hoja de trabajo estándar para las tareas internas .....	104
Glosario .....	106
Anexos.....	110
Anexo 1. Costo por hora del Departamento de CNC horizontal .....	111
Anexo 2. Cotización de insumos para mejora .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de Oberg Costa Rica .....	5
Figura 2. Misión de Oberg Costa Rica .....	6
Figura 3. Visión de Oberg Costa Rica .....	7
Figura 4. Dispositivo médico Constrained .....	7
Figura 5. Ejemplo de reunión de niveles (Tier Meetings).....	33
Figura 6. Tabla para recolección de datos .....	35
Figura 7. Máquina CNC 4 ejes marca Doosan .....	44
Figura 8. Dispositivo médico Constrained .....	45
Figura 9. Diagrama de flujo para Constrained .....	47
Figura 10. Hoja de ruta .....	47
Figura 11. Sección 6 de la reunión de niveles .....	50
Figura 12. Herramientas de cambio obligatorio .....	53
Figura 13. Diagrama Ishikawa para causas raíz de los síntomas percibidos .....	55
Figura 14. Distribución de variables en estudio .....	56
Figura 15. Reporte de costo real por orden de producción.....	62
Figura 16. Fixture de primera operación Constrained.....	64
Figura 17. Fixture de segunda operación Constrained .....	65
Figura 18. Fixture de tercera operación Constrained .....	66
Figura 19. Sección de hoja de trabajo estándar realizada .....	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1.</i> Tiempos de preparación observados vs. tiempo en sistema .....	57
<i>Gráfico 2.</i> Tiempos de ciclo para Constrained modelo 7-8 .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Causa raíz versus propuesta de mejora .....	73
Tabla 2. Tiempos actuales, tiempos propuestos y ahorro de tiempo .....	75
Tabla 3. Comparación de costos de producción, situación actual versus propuesta .	78
Tabla 4. Cálculo de costo-beneficio. ....	81

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ERP: Enterprise Resource Planning. *Software* que controla y entrelaza todos los departamentos en una empresa.

CMM: Coordinate Measuring Machine. Máquina de medición por coordenadas utilizada para inspección de variables.

DMAIC: Definir, Medir, Actuar, Mejorar y Controlar. Es una herramienta de la metodología Six Sigma para desarrollo de proyectos de mejora.

CNC: Computer Numerical Control. Máquinas controladas numéricamente por un computador.

DMR: Device Máster Record. Registro Maestro del dispositivo, es un documento en el que se registran todas las partes involucradas durante una producción de dispositivo médico.

DOE: Desing Of Experiments. Diseño de experimentos, herramienta que evalúa mediante cambios e iteraciones las distintas variables involucradas en un proceso y su impacto en el resultado.

PPAP: Proyect Part Approval Process. Proceso de aprobación llevado a cabo entre el cliente y el suplidor en el momento de comenzar un proyecto.

PPM: Picture Process Map. Hoja de trabajo estándar utilizada para dar una guía de los tareas de un trabajo mediante fotografías y con tiempo meta.

## RESUMEN EJECUTIVO

La empresa Oberg Costa Rica presenta una problemática de disminución de las piezas producidas en el momento de terminar una orden de producción y comenzar la siguiente. Esto se debe a que las tareas de *set up* nunca se habían estudiado y los supervisores no tenían un parámetro con el cual comparar el desempeño de los operarios. Adicionalmente, la compañía estableció los tiempos para las tareas de *set up* y ciclo durante la transferencia del proyecto, con base en tiempos brindados por la casa matriz en Estados Unidos. Estos, una vez retados mediante estudios de tiempos y el análisis de datos, se comprobó que son mayores al tiempo que toman las operaciones en la realidad.

Por lo tanto, se investigaron los datos históricos de la empresa y se evidenció que los operarios tienen tiempo ocioso y su trabajo no es estándar, ya que los tres operarios estudiados ejecutan sus tareas de manera distinta. Esto propicia ejecutar las tareas con excesiva lentitud, incluso cuando tienen tiempo suficiente para cobrar en su reporte diario. Esta práctica genera grandes diferencias entre las cantidades producidas en los diferentes turnos.

Adicionalmente y una vez mapeadas las tareas de *set up*, se categorizaron entre externas e internas y con esto se determinó que por falta de insumos las tareas que se pueden ejecutar como externas se ejecutan como internas. Es decir, la máquina se detiene por un periodo mucho más prolongado del que es necesario.

Es por este motivo, que se propone como mejora la compra de los insumos, específicamente *holders* (ver glosario) para sacar las tareas externas del tiempo de paro de la máquina y reducir el tiempo de *set up* de 2 horas a 30 minutos. Además, durante el estudio se confirmó que el tiempo de ciclo por pieza está sobrevalorado, por lo que se pudo reducir de 40 minutos a 31 minutos por pieza.

Lo anterior le genera a Oberg Costa Rica un ahorro de \$37 144.48 al finalizar el año, una vez rebajado el monto invertido de \$2 702.00 por concepto de *holders*. El nuevo proceso y su duración se controlará mediante hoja de trabajo estándar.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto corresponde a la línea de investigación de operaciones industriales, por lo que se enfocará en optimizar los tiempos de *set up* mediante la metodología SMED en máquinas fresadoras CNC de 4 ejes en el momento de hacer cambios de orden de producción o números de parte en la empresa Oberg Costa Rica.

Para este estudio se aplicará un enfoque según la metodología DMAIC en el que se abarcará cada una de las etapas para completar el proyecto. Se considera importante llevar a cabo el presente trabajo, ya que se necesita como punta de lanza hacia la gerencia para demostrar la importancia de reducir y optimizar los procesos de *set up*. Esto les generaría un impacto positivo al traducirlo en tiempo productivo, ya que no existe ningún tipo de estudio previo relacionado con la mejora continua.

En la actualidad, en el Área de CNC 4 ejes no hay un monitoreo de los tiempos de *set up* en ninguna de las 14 máquinas fresadoras y estos dependen de la agilidad del mecánico de turno. Por lo tanto, a la gerencia le resulta imposible saber cuánto tiempo se desperdicia por *set ups* y el desperdicio de materia prima que se genera por *scrap* al no ser un proceso controlado. Además, a la fecha no se tiene conocimiento de proyectos con base ingenieril para optimizar este proceso, por lo que se podría considerar que esto es normal y costoso de mitigar.

La empresa tiene un alto volumen de productos y máquinas, sin embargo, como es un concepto nuevo en la compañía y no existe un histórico de los datos con el tiempo real de *set up*, este trabajo se concentrará en un tipo de producto y en las

dos máquinas que lo producen. Si la propuesta es exitosa se podría aplicar el mismo concepto al resto del área.

El dispositivo médico por evaluar se produce normalmente en lotes de 30 piezas, durante su manufactura se hace en tres etapas. Este cuenta con 32 modelos distintos en tamaño, pero iguales en forma, por lo que el proceso es igual para los 32 modelos a excepción de la operación #2 que requiere un cambio de los aditamentos que sujetan el material para algunos de los modelos.

## 1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Oberg Industries es una empresa productiva certificada bajo el estándar ISO 9001 e ISO 13485, dedicada a la fabricación de productos metalmecánicos para diferentes industrias; entre las cuales se pueden citar médica, aeroespacial, petrolera y troquelaría.

Oberg Industries es una compañía de capital estadounidense la cual opera desde hace 65 años en Estados Unidos y 16 años en Costa Rica. En la actualidad, la organización en Costa Rica dedica el 70 % de su capacidad productiva a la industria médica, sin embargo, esta es relativamente nueva para Oberg Costa Rica, ya que empezó a trabajar dispositivos médicos en 2013.

Anteriormente, Oberg enfocaba todas sus capacidades al mercado de los troqueles, los cuales se producían bajos volúmenes de productos y los requerimientos más críticos de los clientes se relacionaban con tolerancias sumamente ajustadas. En la actualidad y con el cambio de enfoque de la empresa a la industria médica se ha comenzado a trabajar productos de volúmenes altos, en los que la parte crítica se enfoca en la trazabilidad y el cumplimiento de las normas ISO que amparan a la compañía.

Actualmente, Oberg no cuenta con un control de los tiempos medidos de *set up* y el *scrap* que esto genera a la empresa. Por lo tanto, es de suma importancia aplicar el presente estudio en la compañía para analizar un aspecto tan importante como la reducción de desperdicios.

### 1.2.1. Organigrama de Oberg Costa Rica

Como se muestra en la Figura 1, Oberg Costa Rica está dirigida directa o indirectamente en cada una de sus gerencias por sus iguales en la casa matriz (*Corporate*). Sin embargo, todas las jefaturas reportan directamente al gerente de planta o general.

Todos los gerentes tienen colaboradores bajo su coordinación que ejecutan tareas administrativas y operativas que propias del proceso de manufactura en Oberg. Debido a lo anterior, la mayoría de las inversiones y movimientos a llevar a cabo en Oberg Costa Rica tiene que aprobarlas previamente corporativo.

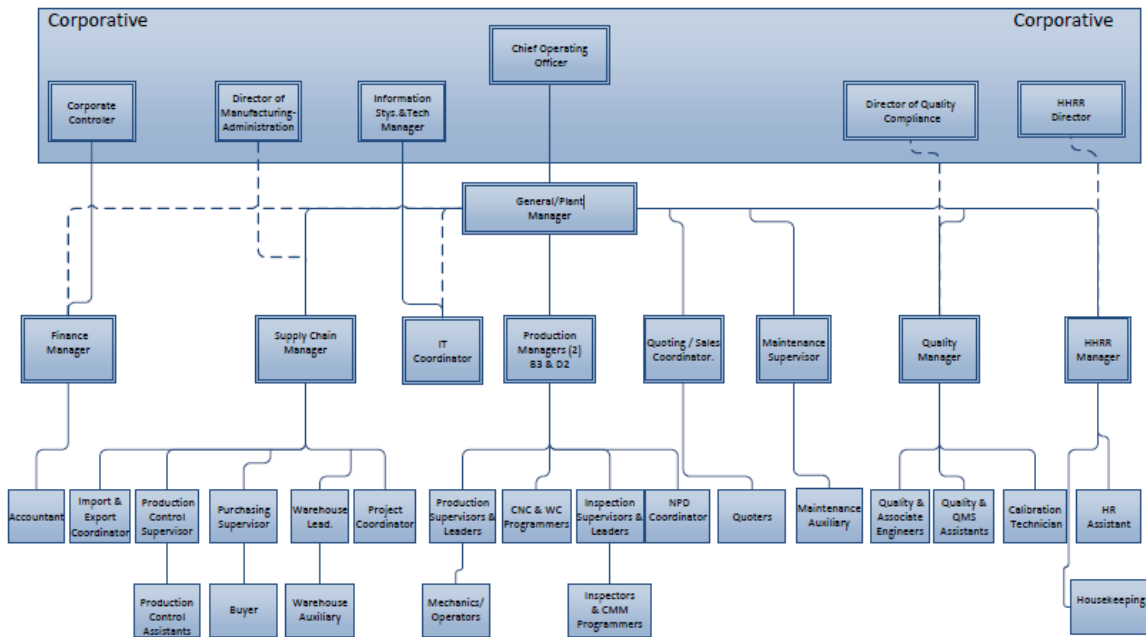


Figura 1. Organigrama de Oberg Costa Rica

Fuente: Corporate Quality Manual Attachments 2019.

La empresa Oberg Costa Rica cree en que su misión (Figura 2) y visión (Figura 3) llevarán a la compañía al éxito en los mercados en los que se desenvuelve

activamente por lo que, a continuación, se presenta una copia exacta de la visión y la misión de Oberg Costa Rica tomadas del manual de la calidad vigente de la empresa.

Al analizar el fondo de la misión y visión de Oberg se entiende que consideran clave a sus colaboradores y su infraestructura para ser exitosos en el mercado, por lo que es de esperar un apoyo firme a todo lo que involucre mejorar sus procesos, de la mano de su personal y sacando el máximo provecho de su maquinaria.

## MISION

---

### **Precisión es nuestro negocio.**

- Brindar a nuestros clientes soluciones basadas en el diseño y manufactura de herramientas de precisión de más alta calidad ha sido la misión de Oberg desde 1948.
- Nuestra fortaleza es nuestra gente y las instalaciones para manufacturar. Continuaremos sirviendo a nuestros clientes a través del mundo ofreciendo productos y servicios de la más alta precisión y calidad.
- Estamos comprometidos en mantenernos como líderes en la industria a través del continuo entrenamiento a nuestros empleados , innovación de productos y socios comerciales a nivel mundial .
- 

*Figura 2. Misión de Oberg Costa Rica*

Fuente: Corporate Quality Manual Attachments 2019.

# VISION

---

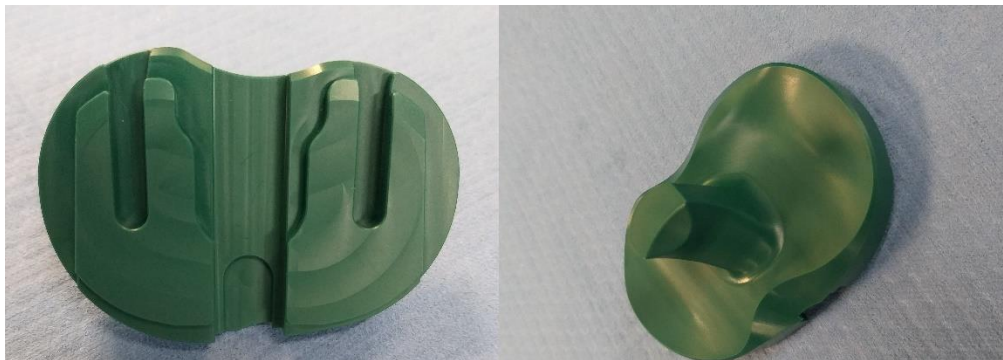
A través de la dedicación y esfuerzo de nuestros empleados Oberg Industrias de Costa Rica será una empresa reconocida mundialmente como líder en brindar soluciones competitivas de manufactura para los mercados y clientes que servimos.

Nuestra meta es crecer como industria a través de rapidez e innovación.

*Figura 3.* Visión de Oberg Costa Rica

Fuente: Corporate Quality Manual Attachments 2019.

El presente estudio se basa en los 32 modelos manufacturados por Oberg Costa Rica del dispositivo médico Constrained utilizado durante cirugías de rodilla como galga de medición descartable. Este se presenta en la Figura 4.



*Figura 4.* Dispositivo médico Constrained

Fuente: Departamento de CNC Horizontal Oberg Costa Rica.

El dispositivo médico por evaluar se produce normalmente en lotes de 30 piezas, durante su manufactura se hace en tres etapas. Este cuenta con 32 modelos distintos en tamaño, pero iguales en forma, por lo que el proceso es igual para los 32 modelos a excepción de la operación #2 que requiere un cambio de los aditamentos que sujetan el material para algunos de los modelos.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa Oberg Medical tiene una necesidad de controlar los desperdicios generados durante el proceso de *set up* en sus diferentes áreas, ya que se tiene noción de que es un problema que aqueja a la compañía, sin embargo, a la fecha no hay un control de estos.

La gerencia manifiesta que, en la actualidad, el proceso de *set up* no es estándar ni monitoreado, por lo que este tiempo depende directamente de la capacidad del operario que lo ejecute.

Existen casos en los que, como es un producto repetitivo, el supervisor del área cuenta con una idea o un estándar de tiempo que debería tardar el operario en comenzar producción. No obstante, esos mismos procesos nunca se han retado para verificar si el colaborador está haciendo el proceso de manera eficiente o buscar mejoras en el proceso.

#### **1.3.1. Definición del problema**

En la actualidad, la gerencia de la empresa y sus supervisores tienen una problemática al llevar a cabo cambios de corridas de producción o cambios de productos, ya que no hay conocimiento sobre los procesos de *set up* ni sus desperdicios en tema de tiempos o *scrap*. Esta problemática impacta desde los operarios que no tienen una guía o estándar de trabajo, hasta las jefaturas que no saben cómo pueden mejorar sus tiempos, así como al Departamento de Calidad debido a lo complicado de la ausencia de estándar que les permita actuar

proactivamente.

Esto debido a que, cuando ocurre una preparación de máquina se debe liberar la primera pieza manufacturada antes de continuar con la producción. Como son productos repetitivos en la planta, todo lo anterior debería estar en control.

Adicionalmente, al no ser un proceso rastreado por la compañía no se tiene conocimiento del impacto económico que esto genera por concepto de tiempo muerto y material dañado o retrabajado, los cuales se consideran importantes, ya que impactan las tres métricas corporativas que son *scrap* y retrabajos, entrega a tiempo y eficiencia.

### **1.3.2. Justificación del problema**

Es necesario aplicar un estudio en la problemática definida previamente, ya que es de alto interés para la gerencia doblar esfuerzos en temas de mejora continua. Esto se debe a lo competitivo del mercado, en el que los clientes demandan cada vez más un compañero de negocios que les permita desarrollar sus productos de alta calidad a un bajo costo y no un proveedor que les recargue sus gastos operativos que no agregan valor al producto.

En el caso de Oberg, se encuentra en la industria médica especializada en ortopedia en la que los clientes están constantemente en mejora de sus productos y lanzamiento de nuevos diseños que sean atractivos a las personas profesionales en Medicina. Por esto, para los clientes es crítico tener una empresa ágil como compañera de negocio que les permita desarrollar pruebas de productos en la etapa

de diseño, pero sin dejar de lado la producción existente.

Debido a lo anterior, Oberg necesita ser capaz de tener procesos de *set up* de cambio rápido y estándar que les permita detener un proceso productivo, llevar a cabo pruebas de algún modelo en desarrollo y después seguir con la producción sin impactar el proceso con demoras.

Con la propuesta de mejora se espera tener como beneficio directo la reducción de tiempos de *set up* que le permitan a Oberg evitar desperdicios y traducirlos a tiempos efectivos de trabajo, lo que significa mayor productividad y mejor respuesta a las necesidades de los clientes.

Por otro lado, a la gerencia le ayudará a tener una mejor planeación de producción al contar con tiempos estándar de las operaciones de *set up* los cuales en la actualidad son prácticamente desconocidos.

La empresa considera una muy buena oportunidad aplicar todo lo mencionado en este proyecto, ya que puede funcionar como prueba de que los procesos se pueden mejorar y servir como base para ejecutar en otras áreas de la compañía.

## 1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 1.4.1. Objetivo general

- Proponer mejoras para la reducción de los desperdicios de tiempo y materia prima por *set up* mediante la aplicación de técnicas de la metodología SMED en máquinas fresadoras CNC 4 ejes de la empresa Oberg.

### 1.4.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual sobre los tiempos y movimientos que se ejecutan durante el *set up* de las máquinas fresadoras CNC 4 ejes para el rastreo de todas las tareas ejecutas.
2. Estudiar las tareas internas y externas del proceso a partir de las cuales se definan las más críticas para el proceso de *set up* de las máquinas fresadoras 4 ejes.
3. Diseñar una propuesta de mejora para la reducción de los tiempos de paro durante el proceso de *set up* de la máquina fresadora CNC 4 ejes.
4. Proponer instrucciones de trabajo para la optimización y estandarización de las actividades de *set up* en las máquinas fresadoras CNC 4 ejes.
5. Evaluar el costo-beneficio de las soluciones propuestas del proyecto de mejora del proceso de *set up* de la máquina fresadora CNC 4 ejes.

## 1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.5.1. Alcances

El presente proyecto aplica para las dos máquinas fresadoras CNC 4 ejes en el Departamento de CNC Horizontal, utilizadas para la manufactura de cualquiera de los 32 modelos del dispositivo médico Constrained en la empresa Oberg Medical, ubicada en la Zona Franca Metropolitana, Heredia, durante el primer semestre de 2019.

### 1.5.2. Limitaciones

Al inicio del proyecto se presentaron las siguientes limitaciones:

- La gerencia solicitó que el consumo de recursos monetarios se manejara al mínimo posible. Por políticas de confidencialidad no es permitido dar a conocer nombres de clientes externos, números de parte o planos de los productos.
- Los productos analizados se sometieron a un proceso de validación (PPAP), por lo que cualquier cambio de maquinaria u orden de operaciones queda sujeto a aprobación previa de los clientes.
- La empresa no cuenta actualmente con una política que controle los desperdicios de *set up*, por lo que no hay histórico de datos disponible.
- Debido a que la empresa nunca ha monitoreado este proceso se nota una desconfianza por parte del personal al facilitar datos.

- La maquinaria de Oberg Medical está validada con los estándares, ISO por lo que cualquier cambio o aditamento en la máquina queda sujeto a aprobación de la gerencia de calidad.
- El estudio se limita a las órdenes manufacturadas entre enero y junio de 2019.
- No es posible considerar un rediseño de planta, ya que los insumos utilizados para preparación de máquinas los emplean otros departamentos.
- La empresa no brinda datos financieros que considere sensibles.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **2.1. MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA**

Para el desarrollo del presente estudio se utilizaron como apoyo y sustento teórico para las distintas etapas, herramientas ingenieriles las cuales se mencionan a continuación:

### **2.1.1. Ingeniería Industrial**

La Ingeniería Industrial es aquella área del conocimiento humano que forma profesionales capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar eficientemente organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información, con la finalidad de asegurar el mejor desempeño de sistemas con la producción y administración de bienes y servicios. Además, se puede decir que forma profesionales con conocimientos técnicos y gerenciales sólidos para controlar empresas productoras de bienes o servicios, con un alto sentido de compromiso humano con la sociedad.

Asimismo, el ingeniero industrial es un profesional especializado en hacer más eficiente para la empresa la transformación de materias primas en productos y la prestación de servicios. Esto al desarrollar estrategias mediante una mejor utilización del dinero, tiempo y espacio (Troconiz, 2007).

### **2.1.2. Voz del cliente**

La calidad Seis Sigma se construye alrededor del cliente. Los clientes definen calidad y determinan expectativas. Legítimamente, esperan desempeño, fiabilidad, precios competitivos, entregas a tiempo, servicio y un proceso transaccional claro y exacto.

Algunas veces el cliente de un proyecto puede no ser evidente. El que recibe la siguiente operación, un departamento interno, podría pensarse como el cliente. El cliente externo de un proceso podría ser el gerente de proyecto o comprador (Harry, 2000).

### **2.1.3. Voz del cliente externo**

El término *Voz del Cliente* es una expresión que se refiere a escuchar al cliente externo. Es necesario tener contacto constante con el cliente y aprovechar cualquier conversación comunicación con este para recabar datos sobre sus necesidades. Para algunas empresas la única manera de escuchar al cliente es mediante quejas, la cuales se deben considerar como oro, ya que son oportunidades de mejora que los acerca a satisfacer y retener a los clientes. Además, pone a la empresa en una posición ventajosa con respecto a la competencia.

Algunas herramientas para obtener información sobre la satisfacción del cliente externo son:

- Encuestas a los clientes inmediatos.
- Encuestas de seguimiento al cliente (cada 6 meses, 1 año, 2 años, etc.).
- Contacto personal con el cliente. Visitas mensuales al cliente.
- Reportes de contacto con el cliente.
- Correo electrónico.

- Garantías de calidad.
- Entrevistas a los clientes individuales o en grupo (Osborne, 1992).

#### **2.1.4. Teoría de restricciones**

La administración de restricciones puede describirse como la eliminación de cuellos de botella que limitan la producción o rendimiento de un proceso (Goldratt, 1990). Si se quiere que un proceso de mejoramiento continuo sea efectivo, la gerencia debe encontrar qué se debe cambiar. En este caso se quiere encontrar una restricción en el sistema que esté limitando la capacidad de un proceso. Un buen comienzo para esto puede ser un diagrama de proceso (Rother, 1999).

#### **2.1.5. Lluvia de ideas**

Es una herramienta que intencionalmente no tiene inhibiciones para generar ideas creativas, cuando la mejor solución no es obvia. Se utiliza ampliamente para generar ideas que alimenten un diagrama de Ishikawa (Wortman y Richardson, 2014). Su aplicación consta de las siguientes características:

- Genere la mayor cantidad de ideas posibles, no inhiba a nadie, solo deje que las ideas fluyan. Enliste las ideas de una en una.
- Ninguna idea es tonta, todas las ideas tienen valor, ya que, aunque parezcan incompletas, estas pueden generar ideas en otra persona.
- No critique, ya habrá tiempo posterior a la sesión para depurar las ideas.

- Estimule a todos a pensar, promueva una idea por turno.
- Registre todas las ideas, asigne un escritor que se encargue de anotar todas las ideas tal y como se mencionan.
- Permita tiempo para generar ideas, no termine la sesión a la primera vez que estas parecen acabarse.
- El tamaño del grupo debe ser de entre 4 y 10 participantes.

### **2.1.6. Ishikawa (Diagrama de causa y efecto)**

Las variables de los procesos se deben medir a través de métricas como porcentajes defectuosos, costos de operación, tiempos de retraso, errores de documentación.

Los dueños de proceso son la mejor fuente de información para identificar las variables críticas. Una vez identificadas, estas se representan mediante herramientas como el diagrama de causa y efecto, el cual:

- Divide los problemas en porciones más manejables.
- Despliega muchas posibles causas de una forma gráfica.
- Muestra cómo varias causas interactúan.
- Sigue las reglas de lluvia de ideas cuando estas se generan.

Durante una sesión de diagrama de Ishikawa se evalúan generalmente los factores presentes en el proceso para ellos. Existen diferentes enfoques como el de las 6M que evalúa las posibles causas presentes en:

- Máquina.
- Material.
- Medición.
- Método.
- Mano de Obra.
- Medio Ambiente (Wortman y Richardson, 2014).

### **2.1.7. Multi voto**

Esta es una técnica muy utilizada por lo general en el momento de seleccionar los apartados más populares o potencialmente más importantes de entre una lista generada con antelación. Es una tarea de equipo de trabajo que resulta de mucha ayuda para segregar las causas potenciales de un diagrama de causa y efecto o una lluvia de ideas. Su modo de empleo se describe, a continuación:

- Genere una lista y clasifique sus ítems.
- Combine las ideas similares si el grupo está de acuerdo.
- De ser necesario clasifique nuevamente la lista.
- Permita a los miembros escoger varias opciones de la lista que ellos consideren importantes, un número recomendado de selección es un tercio del total de ítems por cada participante.

- Recoja los datos y seleccione los que tengan el mayor número de votos, este número puede variar, según tamaño del equipo (Scholtes, 1996).

### **2.1.8. Métricas y metas**

Un término de administración bastante nuevo es métrica. En el pasado, probablemente se hubiera dicho que había una necesidad de medir los resultados de programas y actividades mediante algún criterio estándar o de evaluación. El término métrica se usa ahora para indicar que se necesita una medición numérica del desempeño (Besterfield, 1999, s. p.).

El uso de métricas implica una medición correcta, por lo que el dispositivo para recolectar datos debe ser exacto. Además, las preguntas de cuándo, dónde y cómo deben considerarse, ya que afectarán la exactitud y precisión de los datos. El desarrollo de cualquier sistema de medición debería tomar en cuenta los siguientes factores:

- Debe existir un significado de estandarizado de la medición.
- Los datos deben ayudar en el proceso de toma de decisiones.
- Deben aportar información valiosa.
- Deben ser fáciles de instalar.
- Se pueden utilizar como punto de referencia (Juran, 1993).

### **2.1.9. Mapeo de procesos**

Hay ventajas en representar un proceso en forma esquemática, la más importante es la facilidad para todas las partes de observar el proceso en estudio. El mapeo de

procesos o diagramación de flujo tiene el beneficio de que describe el proceso con símbolos, flechas y pocas palabras, sin recargarlo mucho de texto. Muchas empresas lo utilizan para esquematizar procesos nuevos y así revisar la viabilidad (Wortman y Richardson, 2014).

#### **2.1.10. Declaración del problema**

Una declaración del problema detalla la situación que un equipo desea mejorar, esta debe construirse tan descriptiva como sea posible. Es decir, hace cuánto existe el problema, cuál indicador se ve afectado, cuál es el impacto en el negocio y cuál es la brecha en el desempeño (Eckes, 2001). La declaración del problema debe ser neutral para evitar llegar a conclusiones.

Un buen ejemplo de esto es: en el 2013 la compañía ABC, ha experimentado un 25 % de disminución en las ventas, con un 40 % de reducción en las utilidades netas. La declaración del problema debe incluir una referencia de un indicador que sirva de punto de partida (línea base). Un punto de partida es el nivel de desempeño que muestra una métrica en particular al iniciar un proyecto (Pande, 2000).

#### **2.1.11. Single Minute Exchange of Dies (SMED)**

La metodología SMED o de cambio rápido es una herramienta utilizada para reducir los tiempos de *set up*, los cuales se definen como el tiempo que se toma en preparar la máquina al terminar de producir el producto A y comenzar con el producto B. El logro de un menor tiempo de cambio les permite a los operarios una mayor disposición de tiempo para ejecutar otras tareas en la planta.

SMED es una herramienta aportada por los japoneses durante el estudio científico del trabajo, su creación y puesta en marcha fue en la planta de Toyota en los años setenta por el señor Shigeo Shingo. El enfoque principal de la teoría se basaba en reducir estos tiempos de *set up* a menos de 10 minutos, sin embargo, se conoce que en la actualidad, estos tiempos se reducen con la mejora continua y la repetida aplicación de esta metodología, incluso a menos de un minuto.

Las exigencias del mercado actual les exigen a las empresas tener gran flexibilidad en el momento de producir, ya que esta les permite adaptarse a los cambios rápidos del mercado. Los pasos para la aplicación de SMED se muestran a continuación:

- Identificar todas las tareas en que se divide el *set up*.
  - Se deben detallar y evaluar todas las tareas por separado.
  - Se cronometran las tareas.
  - No omitir ninguna de las tareas ni sus detalles.
- Segregar las tareas visualizadas entre internas y externas.
  - Tareas internas son las que requieren detener la máquina para ejecutarse.
  - Tareas externas se ejecutan con la máquina en operación.
- Transforme la mayor cantidad de tareas internas en externas.

- Reducir las tareas internas sobrantes (Rajadell, 2010).

### 2.1.12. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos inició con Taylor que pretendía determinar el tiempo estándar de una tarea ejecutada por un operario competente a una marcha normal. Para una mayor realidad de los estudios se llama a llevar a cabo las tomas de datos, de manera aleatoria y con una muestra que represente las posibles variables de las tareas estudiadas. El estudio se debe hacer con cronómetro y el resultado se representa en minutos (Palacios, 2009).

### 2.1.13. Muestreo aleatorio

El muestreo se hace debido a las ventajas económicas y de tiempo. El uso de planes de muestreo requiere de la aleatoriedad en la selección de la muestra. Obviamente, el verdadero muestreo aleatorio necesita que cada parte tenga la misma oportunidad de seleccionarse al tomar la muestra.

La muestra debe ser representativa del lote y solo del producto que es fácil de obtener. Por lo que se requiere de cálculos y pensamiento para obtener un tamaño de muestra confiable. Para esto y al trabajar con poblaciones conocidas se recomienda la siguiente fórmula (Wortman y Richardson, 2014):

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra.

N= Tamaño de población conocida

Z= Valor fuera de los límites en la campana de Gauss.

p= Probabilidad de que el dato esperado se encuentre en la muestra.

q= 1-p.

i= Error que se permite.

#### **2.1.14. Probabilidad**

La estadística se utiliza para hacer inferencias sobre una población con base en información contenida en una muestra, el mecanismo que se emplea para hacer estas inferencias es la probabilidad. La probabilidad de cualquier evento cae entre 0 y 1. La fórmula para el cálculo de la probabilidad es (Wortman y Richardson, 2014):

$$P = \frac{\text{Oportunidades a favor}}{\text{Oportunidades a favor} + \text{Oportunidades en contra.}}$$

#### **2.1.15. Trabajo estándar**

La operación de una planta depende del uso de políticas, procedimientos e instrucciones de trabajo. Se puede referir a estos como estándares; mantener y mejorar los estándares lleva al mejoramiento de los procesos y su efectividad.

Si las cosas van mal en el lugar de trabajo, por ejemplo, con problemas de defectos o clientes insatisfechos, se deben hacer esfuerzos para encontrar la causa raíz,

implantar las acciones correctivas y modificar los procedimientos. Con un proceso controlado y estandarizado es más simple para la gerencia iniciar procesos de mejora (Wortman y Richardson, 2014).

Iman (1997) presenta una discusión del término *estándares*. Al parecer el término estándares tiene una mala connotación en el occidente en comparación con el que tienen en Japón, en donde se utilizan para controlar el proceso, no a los trabajadores. En el oeste, los estándares implican uso de condiciones injustas para los trabajadores, como trabajar más fuerte, bajo condiciones extremas, etc. En Japón, estos se usan para describir un proceso que es más seguro y fácil para los trabajadores y el más efectivo en términos de costos y productividad para la compañía. Es decir, un balance entre las dos partes.

Una manera de tener trabajo estándar es mediante hojas de trabajo estándar, la cuales deben hacerse una vez se estudia el proceso y se conoce la forma óptima de ejecutar un trabajo. En estas hojas se debe definir el tiempo de la tarea y la secuencia de trabajo y cualquier otro detalle considerado importante para guiar a los trabajadores (Sharma, 2001).

#### **2.1.16. Diseño de experimentos (DOE por sus siglas en inglés)**

Es una técnica que, mediante un cuidadoso planeamiento, permite evaluar la relación de múltiples factores involucrados en un proceso con respecto al resultado generado por este. Situaciones en las que el diseño de experimentos puede utilizarse efectivamente incluyen:

- Escoger entre alternativas de un modelo de proceso.
- Seleccionar los factores más importantes que afectan un resultado.
- Modelos de superficie de respuestas para: lograr un resultado meta, reducir variación, maximizar o minimizar la respuesta, hacer un proceso más robusto (Wortman y Richardson, 2014).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

El presente estudio se basa en la metodología de Six Sigma DMAIC, la cual consta de seis etapas, cada una con un objetivo específico para lograr un proceso de mejora óptimo y que asegure los mejores resultados. Los seis pasos para la aplicación de DMAIC se muestran a continuación:

- Definir el cliente, sus requerimientos críticos y el proceso central de negocio involucrado.
  - Definir quiénes son los clientes.
  - Definir los requisitos del cliente y sus expectativas.
  - Definir los límites del proyecto – el inicio y el final de este.
  - Definir el proceso a mejorarse mediante el desarrollo del mapa de flujo.
- Medir el desempeño del proceso de negocio involucrado.
  - Desarrollar un plan de recolección de datos para el producto o proceso.
  - Recolectar los datos de muchas fuentes para determinar el estado actual.
  - Recolectar los resultados de las encuestas de los clientes para

determinar las brechas.

- Analizar los datos recolectados y el mapa del proceso para determinar las causas de los que generan el problema y las oportunidades de mejora.
  - Identificar brechas entre el desempeño actual y el meta.
  - Priorizar las oportunidades de mejoramiento.
  - Identificar las fuentes de variación.
  - Identificar los procedimientos estadísticos objetivos y los límites de confianza.
- Mejorar el proceso meta mediante el diseño de soluciones creativas para corregir y prevenir problemas.
  - Crear soluciones innovadoras por medio de tecnología y disciplina.
  - Desarrollar e implantar los planes de mejoramiento.
- Controlar las mejoras para mantener el proceso en el nuevo curso.
  - Evitar volver al método anterior de hacer las cosas.
  - Desarrollar un plan de monitoreo continuo.
  - Institucionalizar las mejoras mediante modificaciones del sistema.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO**

El presente estudio tiene como finalidad la reducción de desperdicios en el proceso de *set up* de las máquinas CNC 4 ejes de la empresa Oberg Costa Rica. Para esto, se pretende aplicar un estudio a fondo de la situación actual con una búsqueda de toda la información relacionada al proceso. Posteriormente, se hará un análisis de los datos mediante herramientas con soporte ingenieril para, de esta manera, establecer las causas raíz que aquejan al proceso actual.

Una vez definidas las causas raíz, se procederá a diseñar un plan de acciones correctivas que mitigue los problemas existentes y, de esta forma, generar una propuesta de mejora controlable a largo plazo que traiga el impacto económico deseado mediante la reducción de desperdicios planteada.

Una vez implementada la mejora y para mantenerla con el paso del tiempo, se ejecutarán medios de control a nivel sistemático que no permitan volver a la situación anterior a la mejora. El impacto de esta se deberá representar a nivel financiero mediante una disminución del tiempo consumido para las operaciones.

## 2.4. ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS

### SIMILARES

Se llevó a cabo una búsqueda de estudios similares en la empresa Oberg, sin embargo, no se localizó ninguno similar o relacionado con el tema en estudio. De acuerdo con Vásquez Mosquera (2011):

#### Problema:

En la empresa Continental tire andina S.A. tenían una gran variedad de modelos de llantas que se producían en el mismo turno, llevando esto hasta a cuatro cambios de modelo y por lo tanto de preparación de la línea. Esto estaba generando cuellos de botella que se reflejaban en una caída de los índices de productividad de la planta.

#### Mejora:

1. Trasladar las tareas internas posibles a externas.
2. Simulación del balanceo de carga de trabajo, distribuyendo las cargas actuales de trabajo entre el equipo actual y sumándole un transportista.
3. elaboración de documentos de procedimiento de cambios de material y ajuste de máquinas, en donde consten las responsabilidades de cada persona que a realizar el cambio.

#### Conclusiones:

- Al reducirse los tiempos de cambios de materiales y set up de las máquinas, se pueden producir en lotes más pequeños de acuerdo con los requerimientos del cliente, por lo que se lograrían disminuir algunos factores que se vuelven determinantes a la hora de ser competitivos como son: los tiempos de plazo de entrega, los lotes de producto en proceso, el inventario de producto terminado, el volumen de desperdicios, etc.
- Al aplicar la metodología SMED a través de la simulación de un balanceo de la carga de trabajo y aumentando una persona en el proceso de cambio de materiales y set up de máquina, se logra una reducción del 15% al 12% del total del tiempo utilizado para este fin (s. p.).

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para el presente estudio se definió el problema mediante las herramientas denominadas reuniones de niveles o *Tier meetings* (Figura 5) hechas por la compañía, en las que se analizan a diario datos de interés para los niveles interesados en la producción. Los temas tratados se muestran a continuación:

1. Seguridad.
2. 5S.
3. Calidad y Producto no conforme.
4. Indicadores de productividad, gráficos de eficiencia.
5. Mejora continua.
6. Estados de las órdenes de producción por máquina y turno.



retroalimentación del cliente interno (Oberg USA) en una de sus visitas sobre el costo del producto.

Asimismo, mediante el análisis de una muestra estadística representativa de la población de los datos históricos obtenidos del sistema ERP de la empresa se obtuvieron datos sobre el tiempo que los operarios cobran en cada orden de producción manufacturada.

## 3.2. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO

### CUALITATIVO DE PROYECTO

Debido a la naturaleza del proceso se optó por la aplicación de la herramienta de mejora continua llamada SMED. Esta plantea hacer un estudio del tiempo y naturaleza de las tareas y separar posteriormente las tareas entre internas y externas.

Para el presente estudio se utilizó la tabla de recolección de datos mostrada en la Figura 6. Esta contiene la siguiente información: número de la tarea, la descripción de la tarea, hora de inicio, hora final, total de tiempo por tarea, naturaleza de la tarea y una sección de comentarios.

#	Tarea	Inicia(m.s)	Termina(m.s)	Tiempo	Tipo de tarea	Comentarios
1	Comienza ordenando el puesto(línea clearnce)	00:00:00	00:00:40	00:00:40	Externa	
2	Verificar materia prima contra DMR	00:00:40	00:01:08	00:00:28	Externa	
3	Documenta primera sección del DMR	00:01:08	00:02:02	00:00:54	Externa	
4	Verifica programa cargado en CNC contra el DMR	00:02:02	00:04:22	00:02:20	Externa	
5	Va a computadora para acceder a programas de 3era	00:04:22	00:06:20	00:01:58	Externa	Programas son copiados del servidor y pegados en tarjeta externa
6	Renombrar programas	00:06:20	00:09:05	00:02:45	Externa	Esto se hace para que la CNC los reconozca.
7	Ingresa la tarjeta con programas en CNC	00:09:05	00:09:30	00:00:25	Interna	
8	Vuelve a hacer un cambio en el programa que recién ingresó	00:09:30	00:11:56	00:02:26	Externa	Hay que hacer unos cambios manuales al programa para cambiar avances.
9	Vuelve a ingresar tarjeta a maquina	00:11:56	00:12:05	00:00:09	Interna	
10	Completa primera etapa en DMR.	00:12:05	00:13:15	00:01:10	Externa	Habia quedado una sección pendiente
11	Empieza a retirar herramientas de la CNC	00:13:15	00:16:55	00:03:40	Interna	Tuvo que buscar una llave para soltar las herramientas en otra maquina
12	Desplazamiento a maquina de herramientas	00:16:55	00:17:32	00:00:37	Externa	olvida order de producción para log in
13	Vuelve a CNC por plano	00:17:32	00:18:19	00:00:47	Externa	El numero de orden de producción es necesario para obtener herramienta
14	Comienza a obtener herramientas de la maquina	00:18:19	00:24:00	00:05:41	Externa	
15	Desplazamiento a Haimer	00:24:00	00:24:55	00:00:55	Externa	
16	Cambio de herramienta termica T8	00:24:55	00:26:00	00:01:05	Externa	Deja enfriando
18	Cambio herramientas hidraulicas T26, T31 y T27	00:26:00	00:28:50	00:02:50	Externa	Mientras T8 se va enfriando
19	Hace cuello de T10	00:29:00	00:35:05	00:06:05	Externa	
20	Cambio de holder termico T10(ya con cuello)	00:35:05	00:36:45	00:01:40	Externa	Deja enfriando mientras toma altura en Zoller
21	Pasa herramientas al Zoller	00:36:45	00:37:35	00:00:50	Externa	Estan al lado
22	Tomar alturas de T8, T26, T27, T31	00:38:00	00:42:30	00:04:30	Externa	
23	T10 ya fria es medida en altura	00:43:00	00:43:50	00:00:50	Externa	
24	Desplazamiento a maquina con herramientas en carro	00:43:50	00:44:09	00:00:19	Externa	
25	Montar herramientas en maquina	00:44:09	00:45:42	00:01:33	Interna	
26	Ingresa alturas de las herramientas	00:45:50	00:47:55	00:02:05	Interna	
27	Descompensar en programa herramientas cambiadas	00:47:55	00:49:55	00:02:00	Interna	
28	Coloca materia prima para empezar operaciones	00:50:00	00:50:55	00:00:55	Interna	
29	Cambio de muelas de segunda operación(busca muelas)	00:50:55	00:51:40	00:00:45	Externa	Estan al lado de la maquina
30	Reemplazo en CNC de muelas de segunda operación	00:51:40	00:54:00	00:02:20	Interna	
31	Ejecuta maquina	00:54:00	00:54:30	00:00:30	Interna	Fin del Set up
				0:53:12		

Figura 6. Tabla para recolección de datos

Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidos los datos y de acuerdo con la metodología SMED se procedió a clasificar las tareas según su naturaleza, entre externas e internas. Esta información junto con los tiempos se analizó mediante gráficos de barras.

Adicionalmente, por medio de reuniones y entrevistas se solicitó la información sobre el tiempo estimado para preparación de máquina y de ciclo por el Departamento de Cotizaciones para el proceso en estudio.

Además, se entrevistó al cotizador del proyecto para tener una idea del origen de los tiempos asignados al producto, lo anterior, con el fin de considerar cualquier variable que estuviera pensada a nivel de estrategia de mercadeo. Asimismo, para conocer si hay alguna diferencia en los tiempos con relación a los modelos manufacturados del producto.

Con el objetivo de medir el impacto que tiene el producir en las condiciones actuales se obtuvieron históricos del ERP de la empresa para cuantificar la cantidad de tiempo que realmente se cobra en cada orden de producción.

Con el fin de establecer impacto de montos económicos con respecto al estudio, se obtuvo del ERP de la empresa la información de costo por hora en el Departamento de CNC Horizontal, así como los datos de las órdenes de producción hechas de enero a junio 2019. Se utilizaron los históricos de enero a junio 2019 de las órdenes de producción hechas para cuantificar los desperdicios generados.

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

Para la propuesta de mejora en el presente estudio se decidió continuar con la metodología SMED para definir como ruta crítica aquellas que involucren las tareas internas o que requieren un paro en la máquina y buscar la manera de llevar a cabo las tareas externas o que se pueden ejecutar con la máquina operando durante el tiempo de ciclo del proceso.

A partir de lo anterior y al contar con los datos de tiempos cronometrados durante la medición y el histórico de órdenes producidas, para este proyecto se definió como estrategia convocar a una reunión para presentar a las partes interesadas una proyección de la mejora con base en históricos.

Se utilizó la metodología de trabajo estándar que permita a los operarios ejecutar sus labores de la misma manera y, adicionalmente, proporcione una herramienta de control para el supervisor del departamento.

### 3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Con el fin de obtener el visto bueno para la compra de los insumos necesarios que permitan poner en marcha la mejora se llevó a cabo una simulación deteniendo una de las dos máquinas asignadas al producto para hacer un experimento con un juego de *holders* (ver glosario) y la tarjeta externa tipo MD. Esto con el fin de simular un escenario con la mejora propuesta.

Paralelamente, se obtuvo una cotización del proveedor (ver anexo 1) de herramientas que incluye los insumos necesarios para ejecutar la propuesta de mejora. Por lo tanto, la información sobre el costo de la inversión requerida se comunicó a la gerencia mediante una reunión.

Por medio de la base de un análisis de costo-beneficio se tabuló una estimación del ahorro de tiempo y, por lo tanto, dinero que la propuesta podría generar a la empresa. Esta información se comunicó a las partes interesadas mediante una reunión.

Además, se desarrolló una hoja de trabajo estándar conocida en Oberg como PPM (*Picture Process Map*) la cual es una descripción de un proceso al colocar sus tareas ordenadas secuencialmente mediante ilustraciones y reforzar las imágenes con texto descriptivo.

Una vez obtenido el visto bueno para proceder con la compra de los insumos necesarios, se definió un plan piloto con un juego de estos insumos aplicando la mejora para determinar la funcionalidad en un periodo de un mes una vez recibidos

los insumos desde el proveedor. De ser necesario, la empresa estudiará posteriormente la posibilidad de adquirir otro juego de estos insumos para asignar uno a cada máquina.

### **3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS**

La metodología aplicada para controlar y dar seguimiento a los resultados se logró mediante la evaluación de los indicadores de eficiencia ya existentes en la empresa. Otro método de control es la actualización de las hojas de ruta al nuevo tiempo al aplicar la mejora en el sistema ERP de la compañía.

Los cambios se comunicaron al personal de producción, control de producción, control de calidad y gerencia general en una reunión de cierre del proyecto en la que estos se aceptaron. Adicionalmente a las medidas antes mencionadas, el cumplimiento de los nuevos tiempos se monitoreará mediante las reuniones de nivel diarias por el equipo involucrado en el proyecto. Se agregó una leyenda en el DMR (ver glosario) que acompaña a todas las órdenes de producción que alertará a los operarios sobre la nueva metodología de trabajo.

## **CAPÍTULO IV. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## **4.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL DEPARTAMENTO CNC 4 EJES PARA EL DISPOSITIVO MÉDICO CONSTRAINED**

### **4.1.1. Maquinaria utilizada**

El proceso productivo en el Departamento de CNC horizontal para el dispositivo médico llamado Constrained en sus 32 modelos, lo llevan a cabo dos operarios cada turno en 2 máquinas fresadoras CNC 4 ejes de la marca Doosan (ver Figura 7), específicamente las máquinas número 4 y 11 del departamento, las cuales están al frente una de la otra y están asignadas por completo a este proyecto. Estas máquinas se programan y controlan mediante un controlador marca Fanuc.

Estas máquinas poseen capacidad para almacenar un total de 60 herramientas en su porta herramienta, que es un cabezal giratorio que se controla igualmente con el Fanuc, el cual selecciona las herramientas requeridas para cada proceso.

Como es una máquina programable, es alimentada por un programa generado previamente por el Departamento de Programación de CNC, el cual, apoyado en un *software*, establece todos los movimientos, velocidades, avance y herramientas que se utilizarán. Este programa se elabora una única vez la primera vez que se manufactura a un producto y los operarios de la máquina no deben alterarlo por una restricción en el sistema de calidad de la empresa.

La máquina Doosan trae incorporada una banda manejada igualmente por el

controlador Fanuc que se encarga de expulsar de esta los desechos de material cortado o también conocido como viruta.

En la parte operacional, la máquina permite dividir un proceso de manufactura en etapas, ya que cuenta con dos mesas de trabajo giratorias para cargar dos sujetadores de materia prima, cada mesa permite hasta cuatro giros sobre su eje. Todo esto posibilita que, de ser necesario, el operario haga inspecciones de un grupo de piezas mientras la máquina trabaja otro juego de piezas, todo sin detener la máquina y sin desmontar piezas de esta.

Lo anterior es particularmente útil cuando un producto requiere trabajo en todas sus caras. Es importante destacar lo anterior, ya que el dispositivo médico en estudio se elabora en tres etapas que conforman el tiempo total de ciclo.



Figura 7. Máquina CNC 4 ejes marca Doosan

Fuente: Departamento CNC Horizontal Oberg Costa Rica.

#### 4.1.2. Dispositivo médico en estudio

La empresa Oberg Costa Rica en su división médica produce gran variedad de dispositivos médicos para diferentes clientes de la industria médica, especialmente para la rama de dispositivos para cirugías, galgas para cirugías e implantes de ortopedia.

El dispositivo médico Constrained (Figura 8) está fabricado en un polímero de grado médico nombrado Radel. En el campo de la cirugía es una galga para medición descartable utilizada durante las operaciones de rodilla que le permite al médico tener una aproximación del tamaño de implante definitivo que necesita colocar al paciente. Debido a lo anterior, este dispositivo consta de 32 diferentes

modelos que permiten tener todo el rango posible de dimensiones de rodillas de los pacientes.



*Figura 8.* Dispositivo médico Constrained

Fuente: Proceso productivo CNC Horizontal Oberg Costa Rica.

#### **4.1.3. Proceso productivo del dispositivo**

El dispositivo médico Constrained se produce en lotes de 30 piezas, su proceso de manufactura se muestra mediante un diagrama de flujo con las operaciones actuales. En la Figura 9 se muestra que el proceso productivo consta de 9 operaciones, las cuales se detallan a continuación:

- Operación 10: verifica que el programa de la máquina de medición por coordenadas (CMM) esté vigente de acuerdo con el plano a producir.
- Operación 20: verifica que el programa de la máquina CNC 4 ejes esté vigente de acuerdo con el plano a producir.

- Operación 30: retira las barras de material de la bodega y procede a cortarlas en secciones de acuerdo con el programa de CNC 4 ejes.
- Operación 40: transforma la materia prima en piezas terminadas dimensionalmente.
- Operación 50: marca la información requerida por el cliente en las piezas con una máquina láser programable.
- Operación 60: lava ultrasónicamente la totalidad de las piezas para eliminar cualquier residuo de manufactura.
- Operación 70: inspecciona dimensionalmente las piezas con una máquina de medición por coordenadas (CMM por sus siglas en inglés).
- Operación 80: inspección en busca de detalles cosméticos.
- Operación 90: empaca los dispositivos y prepara para el envío al cliente.

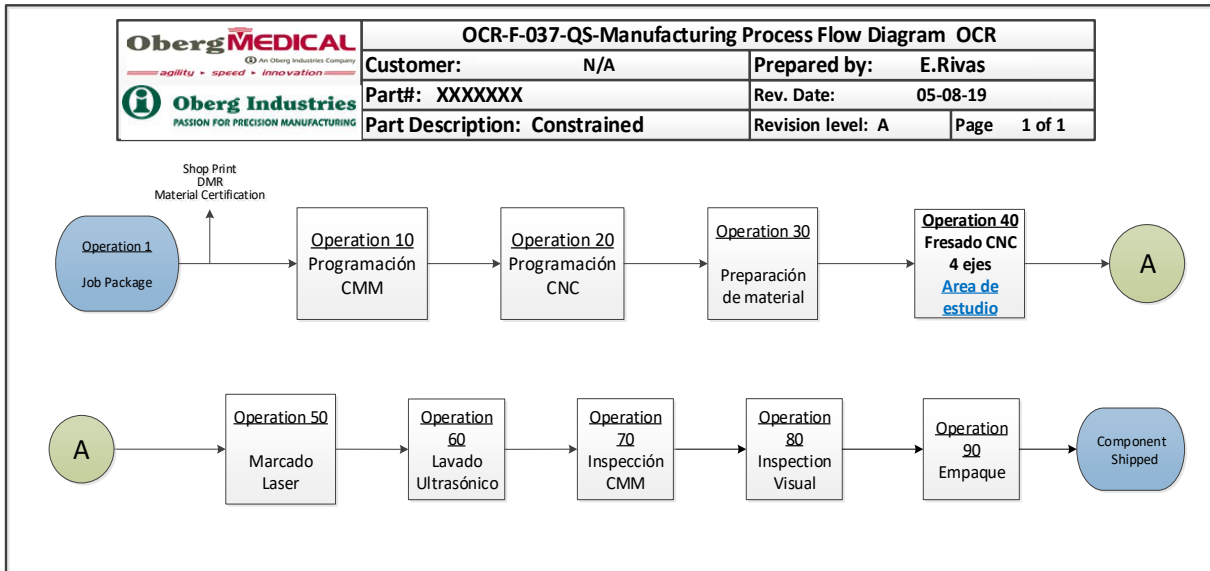


Figura 9. Diagrama de flujo para Constrained

Fuente: elaboración propia.

El presente estudio se enfoca en el tiempo de preparación de máquina de la operación número 40 CNC 4 ejes, por lo que se solicitó al Departamento de Cotizaciones los tiempos disponibles por área para manufacturar cada pieza. Se obtuvo el reporte (Figura 10) del sistema ERP de la empresa para tener un dato contra el cual comparar los datos obtenidos después del estudio.

CUSTOMIZED ROUTING (SUMMARIZED)																	
Date : 07-16-19 [10:03]															Page : 1		
506 Live baan4db															Company : 506		
Project : 200706 P08836047										Status : Active							
Customer : 1 Oberg Industries										Start Date:							
										Compl.Dte : 07-16-19							
Jpr	Task	Descr.	Wrk Ctr	Mach.	Setup Time	Pr.Rate /[Hou]	Run Time	Man Occup	Mach. Occup.	0.lap [%]	Extra Info	Act	Subcontr. Rate Factor	Back-Flush	Count Point	Quantity by Pull Note	No. Nts
Manufactured Item: 81001516																	
ConstrInstrial 1-2 1000RT,RevB																	
1 pc																	
10	1056	CHN Progra	A56		15	0	0.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
20	1003	TR Program	A03		30	0	0.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
30	1007	Saw/Materi	A07	A00070	0	0	2.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	Yes	No	0.0000	0
40	1017	CNC Horizo	A17	A00170	120	0	40.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
50	1059	Laser Mark	A59	A00590	10	0	4.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
60	1039	Cleaning	A39		45	0	1.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
70	1057	CHN QC	A57	A00570	15	0	7.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
80	1055	HUM Genera	A55		60	0	2.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
45 MINUTOS PARA SHIPPING PROCESS																	
90	2087	Clean/Pack	B87		5	0	0.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	Yes	No	0.0000	0

Figura 10. Hoja de ruta

Fuente: Departamento de cotizaciones sistema ERP Oberg Costa Rica.

Como se observa en la figura anterior, el tiempo disponible para ejecutar las

tareas del área en estudio es de 120 min para preparar la máquina en cada orden de producción y 40 min como tiempo de ciclo para cada pieza producida.

El encargo del Departamento de Cotizaciones comentó que estos tiempos se asignaron desde el inicio del proyecto y nunca se han ajustado, ya que no se han hecho estudios de mejora que permitan comprobar una reducción.

Adicionalmente, el Departamento de Cotizaciones indicó que estos tiempos se establecieron con base en los tiempos de manufactura utilizados por la casa matriz antes de hacer la transferencia del proyecto. Por otro lado, no es necesario evaluar los tiempos por cada uno de los 32 modelos, ya que de acuerdo con la entrevista al cotizador, todos los modelos tienen asignada la misma cantidad de tiempo sin importar su tamaño.

Cabe destacar que los tiempos de ciclo de 40 min están asignados por cada pieza de la orden de producción, sin embargo, en la hoja de ruta el tiempo estimado se muestra como un total incluyendo la sumatoria del tiempo de ciclo y de *set up*.

Después de analizar los datos de tiempos asignados para CNC Horizontal (operación 40) se determinó que esta operación, al ser la que tiene la mayor cantidad del tiempo de producción asignado, se convierte en la restricción del sistema por lo que cualquier ahorro de tiempo en esta representará una orden de producción de entrega más rápido al cliente. Además, es la operación que no se puede tener detenida, por lo que este tiempo de paro impactaría directamente el resto de las operaciones y la fecha de entrega.

#### **4.1.4. Síntomas del problema en estudio**

La primera alerta para llevar a cabo el presente estudio se dio durante una de las reuniones de nivel del Departamento de CNC 4 ejes en la que en el momento de evaluar las órdenes de producción por máquina y por turno se detectó que un turno produjo una cantidad de piezas muy inferior al siguiente turno (ver Figura 11). Al consultar la causa de la variación esta se achacó a la preparación de máquina que se tuvo que hacer en el turno debido a cambio de orden de producción.

Lo anterior llamó la atención, ya que al comparar la cantidad de piezas de un turno con el siguiente, se apreciaba una diferencia de 2 piezas a 12 piezas, lo que demostró que el turno en el que se hizo la preparación de máquina estuvo la mayor cantidad del tiempo ocupado en esta tarea y, por lo tanto, sin producir piezas.

Con esta información se le consultó al supervisor del departamento sobre la existencia de una política de tiempo estándar que la máquina deba durar en preparación, sin embargo, no se obtuvo un dato contundente. Como es un producto que se manufactura repetitivamente se considera necesario tener el proceso estandarizado y optimizado para que estas preparaciones de máquina sean lo menos perjudiciales posible.

		BUTIO	ACTUAL	
PIECA	SET UP			MATERIAL <input checked="" type="checkbox"/>
TERMINA	POR PESA			EXCLUDE <input checked="" type="checkbox"/>
	VARIADA			TOOLING <input checked="" type="checkbox"/>
PIECAS PRODUCIDAS				CNC PROG <input checked="" type="checkbox"/>
	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	CLAM PROG <input checked="" type="checkbox"/>
	2	12	-	GAGE <input checked="" type="checkbox"/>
CANTIDAD SCRAP				
	0	0	-	

Figura 11. Sección 6 de la reunión de niveles

Fuente: Reunión de niveles departamento CNC Horizontal Oberg Costa Rica.

Adicionalmente, durante una visita del cliente, representada por el gerente de proyecto de Oberg US, se empleó la herramienta voz del cliente y en una de sus retroalimentaciones, hizo un llamado a la reducción de costos del proyecto. Esto debido a que se ha notado que, en el momento de vender el producto al cliente final, el margen de ganancia no es el esperado, ya que gran parte de la ganancia la absorben los costos de las operaciones hechas en Oberg Costa Rica.

Como es un dispositivo médico de alto volumen de producción, cualquier desperdicio de insumos generará un impacto a nivel de costos. En el caso particular de este producto, el principal problema en temas financieros es que Oberg Costa Rica manufactura a precio de costo los productos a Oberg US, por lo que, si Oberg Costa Rica genera una cotización a Oberg US por un monto de dinero, Oberg US considera este como su costo y le suma una ganancia para obtener el precio final de venta.

En este punto entra en juego el cumplimiento con los tiempos asignados por el Departamento de Cotizaciones, ya que si a un producto se le cobran durante su manufactura en Costa Rica más horas de las cotizadas, este costo debe ser asumido

por Oberg US en el momento de facturar al cliente final, lo cual estrecha el margen de ganancia percibido.

El gerente de proyecto también mencionó que es importante eliminar desperdicios en este proceso, ya que el cliente pretende mantener la demanda igual o superior para los siguientes periodos.

#### **4.1.5. Estudio del problema**

Con el fin de obtener datos de primera mano se aplicaron entrevistas y lluvias de ideas con el supervisor y los operarios del proceso que permitan dirigir la investigación y asignar las causas raíz del problema y, posteriormente, obtener una solución. Gracias a estas entrevistas se determinó lo siguiente:

1. El supervisor comentó que debido a su carga de trabajo y que es el único supervisor para los tres turnos del departamento, le resulta muy complicado controlar el tiempo de estos procesos de preparación de máquina.
2. Los operarios no tienen una estructura que les guíe durante el proceso, por lo que todos lo hacen de manera distinta.
3. No hay tiempo que los operarios conozcan en el cual deban llevar a cabo su trabajo de preparación de máquina.
4. La empresa no cuenta con equipos de mejora continua para el monitoreo y reducción de los tiempos de *set up*, por lo que este tipo de actividades quedan sujetas a la disposición de los operarios de llevar a cabo sus tareas

de forma eficiente.

5. El producto se cobra según el tiempo cargado en el sistema ERP de la empresa (por sus siglas en inglés *Enterprise Resources Planning*), por lo que se tiene como costumbre cobrar todo el tiempo asignado a la orden de producción, según lo establecido por el Departamento de Cotizaciones. Aunque este sea menor al real este cobro se genera mediante reportes diarios de tiempo trabajado por orden de producción que el operario llena y el supervisor ingresa al sistema ERP de la compañía cada día. En caso de tardar más tiempo de lo otorgado en la orden de producción sí se acostumbra a reportar al Departamento de Cotizaciones para un incremento.
6. Cada máquina cuenta únicamente con un juego de sostenedores de herramienta, los cuales están en uso durante la operación de la máquina.
7. Todas las órdenes de producción requieren cambios de seis herramientas nombradas en la máquina como T8, T10, T12, T26, T27, T28, dos de las cuales utilizan sostenedores térmicos que al calentarse tardan un tiempo largo en enfriarse (Figura 12). Sin embargo, hay otras herramientas de desgaste que podrían requerir cambios cada tres o cuatro órdenes de producción, según el desgaste por uso lo requiera.



Figura 12. Herramientas de cambio obligatorio

Fuente: Departamento CNC Horizontal Oberg Costa Rica.

8. Hay una variable relacionada al cambio de modelo, la cual implica una sustitución de uno de los fixtures utilizados por la máquina.

Posteriormente, se graficaron las posibles causas en un diagrama de Ishikawa (Figura 13) con la metodología de las 6M que permita tener una mejor visualización de estas para después seleccionar las causas raíz bajo la premisa de su impacto y la viabilidad mediante la herramienta multivoto ejecutada con el equipo involucrado en el proceso, para resolverla una vez hecho el estudio de campo. Lo descrito en el diagrama se detalla a continuación:

- Materiales: no se cuenta con un juego adicional de sostenedores de herramientas, esto obliga a esperar que la máquina termine de correr una orden para hacer la preparación de la máquina para la siguiente orden.
- Método: no se cuenta con un proceso estándar para llevar a cabo las

tareas, además, el operador no tiene conocimiento del tiempo que debe durar en la preparación, ya que en la hoja de ruta se encuentra todo el tiempo como uno solo.

- Máquina: se requiere hacer cambio de seis herramientas en cada orden de producción que se termina, esto quiere decir que se deben bajar de la máquina los sostenedores de herramienta y colocar las nuevas herramientas.
- Medioambiente: las máquinas utilizadas durante los cambios de herramientas se comparten con otros departamentos, lo que puede generar retrasos si están en uso.
- Medición: al no haber un Departamento de Mejora Continua y como el supervisor no abarca esta área de estudio en la empresa, este proceso nunca se ha sometido a estudio.
- Mano de Obra: al no haber un proceso estándar todos los operarios hacen las tareas en orden diferente, al solo haber un supervisor para los tres turnos este proceso no se controla de cerca. Adicionalmente, por la manera en que se cobran estos costos, la casa matriz tiene como política cobrar en el sistema todo el tiempo asignado a la orden de producción, aunque no sea consumido.

### Cause and Effect Diagram (Ishikawa)

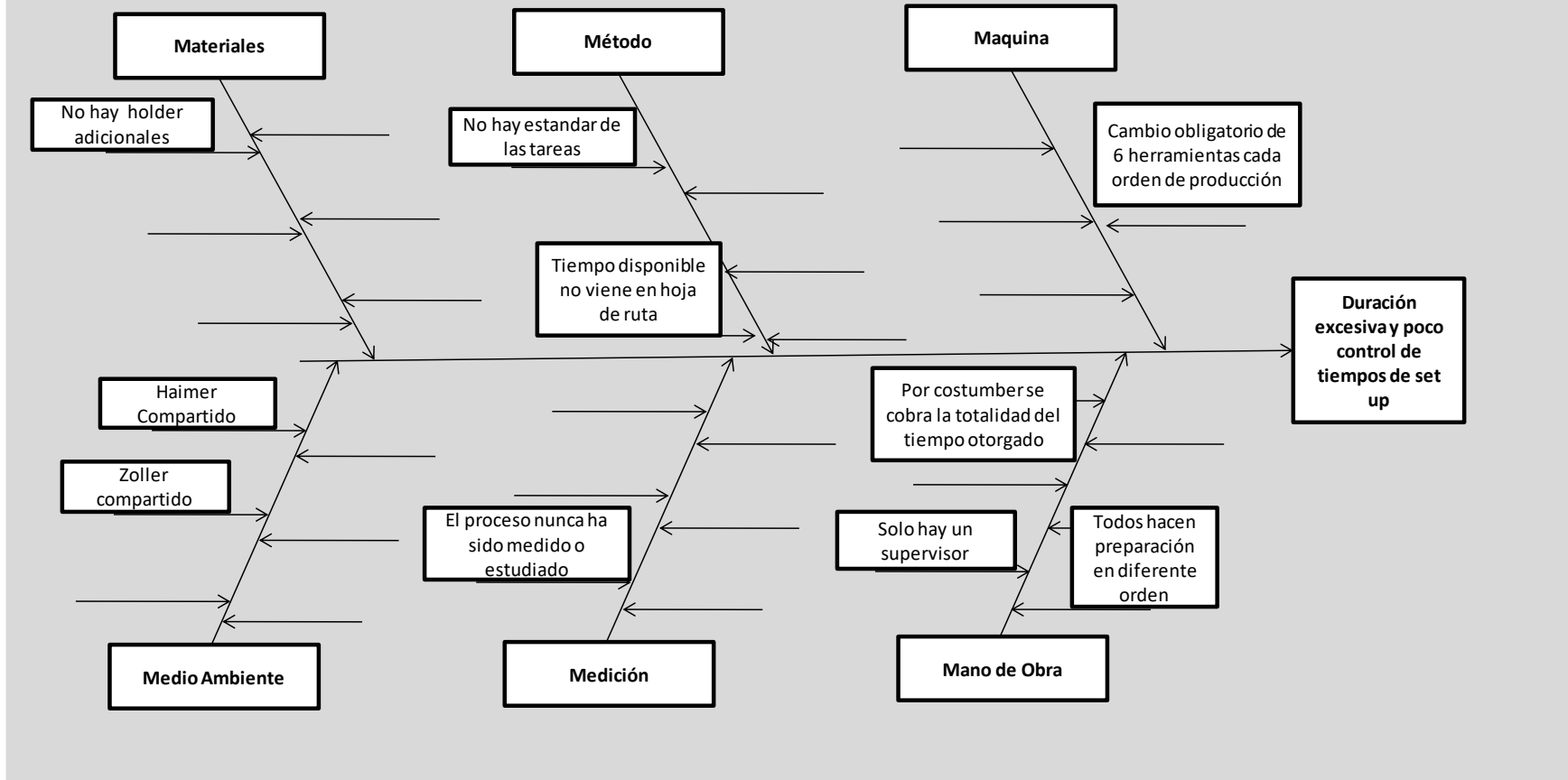


Figura 13. Diagrama Ishikawa para causas raíz de los síntomas percibidos

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.6. Estudio de tiempos en campo

Con el fin de obtener un dato observado y medido, no mediante el sistema ERP o entrevista, se llevó a cabo un estudio de tiempos de las tareas involucradas en la preparación de la máquina. Este se elaboró con las variables analizadas de la siguiente manera (Figura 14).

Estudio	Maquina #	Cambio de fixture	Operario *	Turno
1	11	Si	In	1
2	4	Si	Exp.	2
3	11	No	Exp.	3
* Exp= Experimentado / In= Inexperto				

Figura 14. Distribución de variables en estudio

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior y al aplicar en una lógica de diseño de experimentos (DOE por sus siglas en inglés) se llevó a cabo el estudio tomando en cuenta las posibles variables que se podrían presentar durante las preparaciones de la máquina, las cuales son: máquina, experiencia del operario, diferentes modelos para evaluar el tema del cambio de *fixture* en una de las operaciones, turno en que se ejecuta la operación.

Una vez hechos los tres estudios se tabuló cada tarea con su respectiva descripción, tiempo y clasificación entre internas y externas (ver apéndices A, B y C) y graficar los datos de los tiempos obtenidos por operario. Como es un proyecto con base en SMED se considera importante graficar los datos de tiempo, según la naturaleza de su operación, ya sea externa o interna y con esto tener una manera de definir las tareas críticas que detendrían la máquina, es decir, las internas.

Para representar una comparativa entre los tiempos observados y el tiempo asignado por la empresa se coloca como barra horizontal con el nombre de meta, el tiempo asignado por el Departamento de Cotizaciones. Los datos se muestran en el Gráfico 1, a continuación.

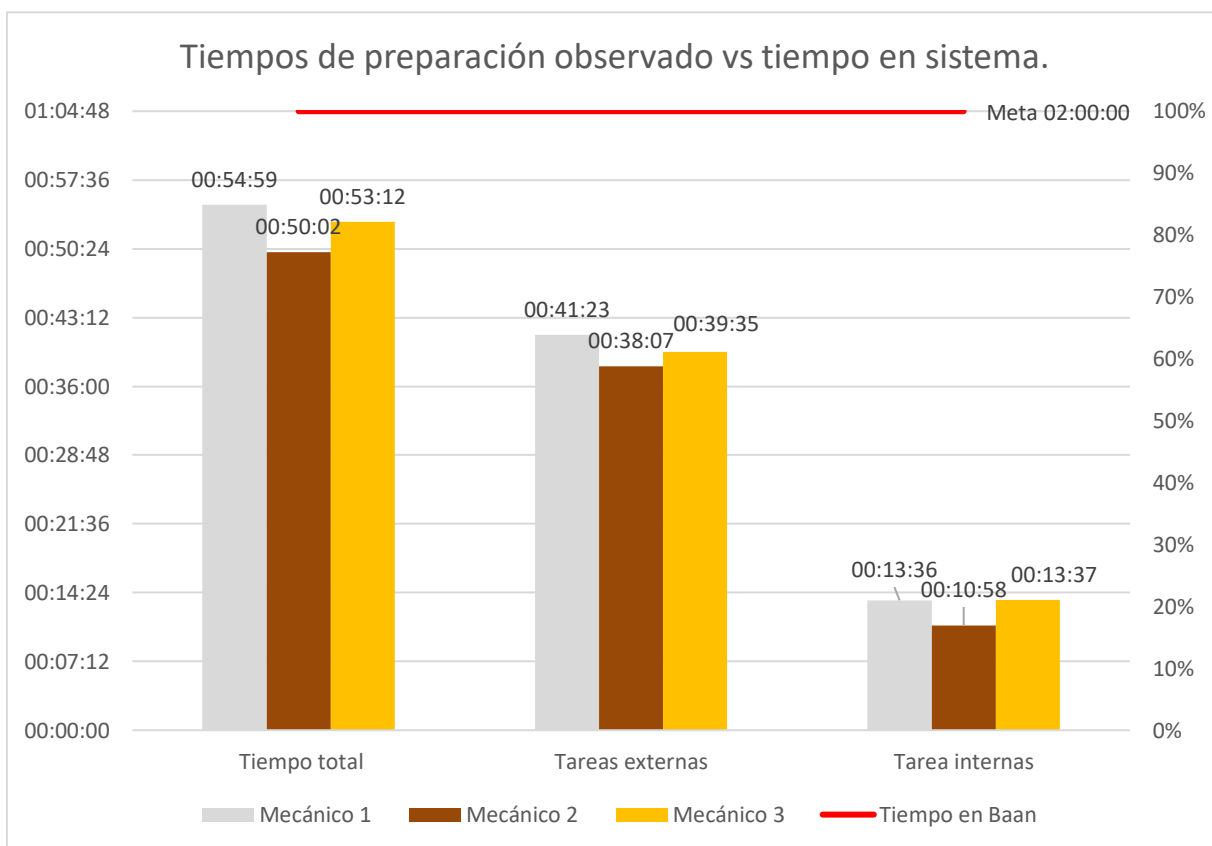


Gráfico 1. Tiempos de preparación observados vs. tiempo en sistema

Fuente: elaboración propia.

El gráfico anterior muestra de izquierda a derecha, en el primer grupo de columnas el tiempo total que le tomó a cada uno de los operarios llevar a cabo la preparación de máquina. En las dos siguientes columnas se muestra el tiempo de preparación ahora separado entre tareas externas e internas respectivamente.

Además, se incluye como barra horizontal en rojo el tiempo teórico o

mencionado como el tiempo que tiene asignado a nivel de sistema la operación de preparar la máquina.

Una vez medidos los tiempos y con el gráfico como apoyo visual se obtuvo el dato de un tiempo total promedio de 52 min y 44 s que los operarios tardan en llevar a cabo la preparación de máquina. Este tiempo está muy por debajo del tiempo asignado en el sistema de 2 horas, lo cual llama la atención ya que la problemática se estaba achacando durante la reunión de niveles al alto tiempo que tarda la preparación de la máquina. Sin embargo, como se puede observar en los datos obtenidos con el estudio el tiempo real, no llega a la mitad del tiempo establecido en el sistema de 2 horas.

Por otro lado y como lo muestran los datos graficados, la mayor cantidad del tiempo de la operación está distribuido en las tareas externas, es decir, la máquina queda detenida la mayoría del tiempo. Según lo medido durante el estudio, en promedio 39 min y 42 s para ejecutar tareas externas cuando en realidad al aplicar la metodología SMED estas tareas deberían ejecutarse cuando la máquina produce, sin detener la máquina.

Con base en la información obtenida de los estudios también se observa que del total de tiempo que la máquina queda detenida, en promedio 52 min 44 s. Solamente es necesario, según los datos del estudio, detener la máquina un promedio de 12 min y 44 s, tiempo que corresponde a las tareas internas del proceso las que, por lo tanto, requieren que la máquina se detenga para ejecutarse.

La situación no permite ejecutar las tareas externas mientras la máquina está

en operación, esto se debe a que el departamento no cuenta con un juego adicional de *holders* (ver glosario) para herramientas y la tarjeta externa tipo MD con la que se cargan los programas a la máquina.

A solicitud de la supervisión se hizo una simulación deteniendo una de las dos máquinas para utilizar sus *holders* y tarjeta para cargar y, de esta manera, llevar a cabo todas las tareas externas, de forma que una de las máquinas continúe produciendo y al terminar solo ejecutar las tareas internas que por fuerza requieren detener la máquina.

Al aplicar esta simulación se obtuvo un tiempo de 12 min y 9 s, el cual es muy similar al obtenido en el estudio anterior. Esto termina de comprobar a las partes envueltas en el proceso que hay una manera de no detener la máquina tanto tiempo como se hace actualmente. Con el fin de no afectar la producción al tener una máquina detenida, solo se hizo una simulación.

En resumen, el tiempo actual, aunque mal ejecutado, ya que por falta de insumos se hacen las tareas que podrían ser externas como internas, no supera ni muestra evidencia de afectar a la producción, como se mostró en la reunión de niveles.

Los datos se mostraron a la gerencia para evidenciar que el tiempo de *set up* no debería afectar la producción de piezas, ya que una vez evaluado es incluso menor al tiempo asignado por la empresa. Debido a que este tiempo está muy por encima del real observado, se analizaron los datos de las órdenes de producción facturadas durante el periodo de enero a junio del presente año. Esto con el fin de

averiguar el tiempo que se ha cobrado por concepto de *set up* para este dispositivo médico en sus 32 modelos y, de esta forma, definir si hay tiempo ocioso en el que los operarios tienen la posibilidad de cobrar a las órdenes de producción. Los datos históricos se obtuvieron del ERP de la empresa y se tabularon en Microsoft Excel (ver apéndice D) por orden de producción y cantidad de piezas producidas.

Como lo muestra el reporte, la totalidad de las órdenes facturadas se han terminado sin piezas menos, es decir, la cantidad inicial de piezas solicitada por el cliente fue la que se facturó. Por lo tanto, no se aprecia una evidencia de desperdicios en materia prima o por partes defectuosas.

De acuerdo con el reporte anterior se determinó que se han producido de enero a junio del 2019, 163 órdenes de producción; por la gran cantidad de órdenes de producción manufacturadas se decide hacer el estudio a una muestra estadísticamente representativa. Para definir el tamaño de muestra se utilizó la fórmula estadística recomendada en el momento de buscar el tamaño de muestra de una población finita o conocida:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra.

N= Tamaño de población conocida (163 para este estudio).

Z= Valor fuera de los límites en la campana de Gauss. (1.96 para tener un 95 % de los datos dentro de la campana).

p= Probabilidad de que el dato esperado se encuentre presente en la muestra (0.5 para este estudio, ya que tiene un 50 % de probabilidad de que esté en la muestra el dato).

q= 1-p o sea 0.5 para este estudio.

i= Error que se permite. (0.2 para este estudio o 20 %).

La aplicación de la fórmula al estudio se muestra a continuación:

$$n = \frac{1.96^2 * 163 * 0.5 * 0.5}{(0.2)^2(163 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 25.15$$

Con un resultado de 25.15, se decidió seleccionar aleatoriamente 25 órdenes de producción de las 163 manufacturadas de enero a junio del 2019 y analizar el tiempo cobrado por los operarios para la preparación de la máquina. Para obtener el dato del tiempo cobrado por cada orden de producción se utilizó un reporte obtenido del ERP de Oberg Costa Rica, el cual muestra el tiempo actual y cobrado a una orden, un ejemplo de este reporte se presenta en la Figura 15.

Date : 07-26-19 [23:43]		ACTUAL COSTS BY PROD ORDER - MAN/MACHINE HRS (FINANCIAL)				Page : 1			
506 Live baan4db		(Material and Operation Costs by Order)				Company : 506			
Production Order	:	2008201	Closed						
Project	:	200624	833658						
Customer	:	1	Oberg Industries						
Item	:	01081542	ConstrInsTrial 7-8 12mmRT,RevC						
Revision	:		pc						
Quantity Ordered	:	30.0000							
Quantity Delivered	:	30.0000							
Quantity Rejected	:	0.0000	Estimated Corrected for Rejects per Operation		: No				
<b>MATERIALS USED</b>									
Pos.	Item	Description	Revision	IC	Inv. Unit	Estimated Quantity	Actual Quantity	Result	
10	RADELG-03250-RD	RADEL GREEN 3.25" ROUND		St	in	61.50	62.00	-0.50	
Total Material Costs						61.50	62.00	-0.50	
<b>OPERATION COSTS</b>									
(Hours : Man Hours + Machine Hours)									
Dpr.	Task	Description	Wrk Ctr	ESTIMATED		ACTUAL		RESULT	
				Man Hours	Machine	Man Hours	Machine	Man Hours	Machine
10	1056	CMM Programming	A56	0.2500	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000
20	1003	TR Programming	A03	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	0.0000
30	1007	Saw/Material Preparation	A07	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000
40	1017	CNC Horizontal Milling	A17	22.0000	22.0000	24.0000	24.0000	-2.0000	-2.0000
50	1059	Laser Marking	A59	2.1667	2.1667	2.1600	2.1600	0.0067	0.0067
60	1039	Cleaning	A39	1.2500	0.0000	1.2500	0.0000	0.0000	0.0000
70	1057	CMM QC	A57	3.7500	3.7500	4.0000	4.0000	-0.2500	-0.2500
80	1055	HUM General QC	A55	2.0000	0.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90	2007	Clean/Pack/Ship	B87	0.0833	0.0000	0.0833	0.0000	0.0000	0.0000

Figura 15. Reporte de costo real por orden de producción

Fuente: ERP Oberg Costa Rica.

Una vez analizados los datos de las 25 órdenes de la muestra estadística estimada, se observa que en todos los casos las órdenes de producción tienen asignadas dos horas adicionales en la columna actual o real. Esto quiere decir que los operarios que trabajaron las órdenes cobraron dos horas adicionales a las asignadas por la empresa.

El reporte de costo real por orden de producción muestra el tiempo asignado para ejecutar las operaciones combinando el tiempo de preparación de máquina y el tiempo de ciclo por pieza. Además, muestra el tiempo real cobrado a la orden de producción por los operarios que trabajaron en esta.

El tiempo real cobrado se genera a partir de un reporte diario que llena el operario al finalizar el turno, en el que reporta el número de orden que trabajo y el tiempo que invirtió en esta.

Como se mencionó, el tiempo de preparación asignado para todas las órdenes de producción es de 2 horas y el tiempo de ciclo de 40 minutos el cual multiplicado por la cantidad de 30 piezas producidas daría como resultado 22 horas estimadas para producir las piezas. Es decir, el mismo dato de 22 horas mostradas en la Figura 15.

Al saber que los estudios de tiempos aplicados a la operación de preparación de la máquina demostraron que el tiempo promedio para ejecutar esta tarea ronda los 52 min y 44 s, llama la atención que las órdenes se están sobrecobrando. Por este motivo, se aplicó un estudio del tiempo de ciclo en máquina y se utilizó como parámetro el modelo de Constrained más grande el cual, debido a su tamaño, sería el producto que tendría el tiempo de ciclo más prolongado.

El tiempo de ciclo lo controla el programa de la máquina, el cual está restringido a cambios, por lo que no habrá una diferencia entre operarios o máquina, ya que el operario no puede modificar ningún parámetro del programa y ambas máquinas están validadas con los mismos estándares. Por ende, no se espera una variación significativa entre ambas máquinas.

El tiempo de ciclo del dispositivo médico en estudio se divide en tres operaciones que producen 2 piezas terminadas completamente, por lo que este tiempo debe dividirse en dos para obtener el dato real de tiempo por pieza. Las etapas del proceso se describen, a continuación.

- Primera etapa: desbasta y termina cara frontal de la pieza, la Figura 16 muestra, a modo de ejemplo, dos piezas en la operación 1, la pieza en la

parte superior ya fue trabajada y la pieza en la parte inferior no ha sido trabajada y sigue en su estado inicial de materia prima.

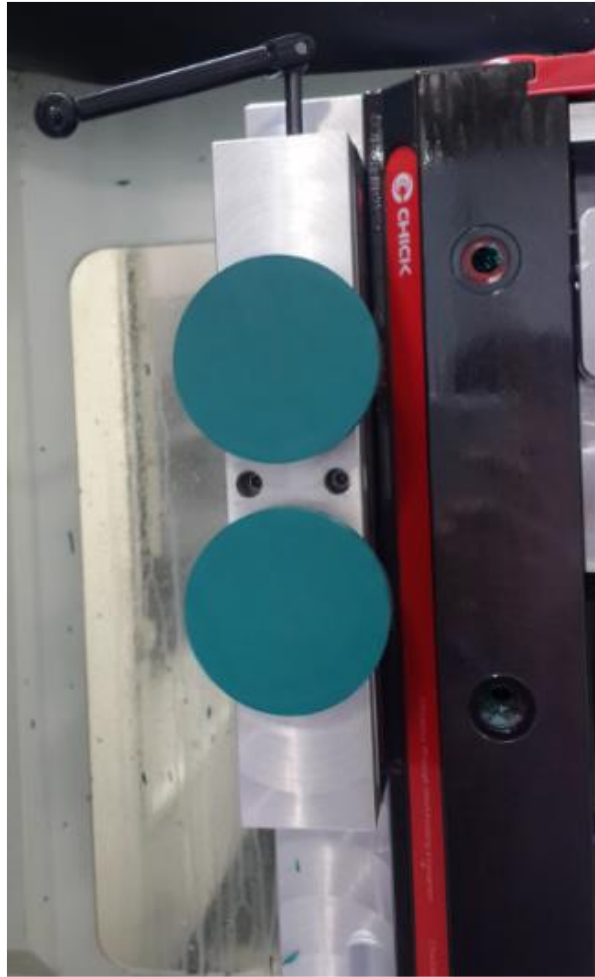
En la realidad, ambas piezas salen como la superior después de ejecutar el programa de operación 1.



Figura 16. Fixture de primera operación Constrained

Fuente: Departamento de CNC 4 ejes Oberg Costa Rica.

- Segunda etapa: desbasta toda la sección posterior del dispositivo en estudio sujetándolo de la sección terminada previamente en la operación 1. Esta genera una forma similar a la requerida por el plano de manufactura para que la pieza sea acabada fácilmente por la herramienta de la tercera operación. Se muestra un ejemplo en la Figura 17.



*Figura 17.* Fixture de segunda operación Constrained

Fuente: Departamento de CNC 4 ejes Oberg Costa Rica.

- Tercera operación: mediante el uso de un programa que genera la forma con una herramienta en forma de bola, esta etapa termina dimensionalmente toda la sección posterior del dispositivo en estudio. Además, en esta etapa se da el acabado brillante solicitado por el cliente (ver Figura 18).



*Figura 18.* Fixture de tercera operación Constrained

Fuente: Departamento de CNC 4 ejes Oberg Costa Rica.

Los datos obtenidos del estudio de tiempo de ciclo se muestran en el gráfico 2, a continuación.

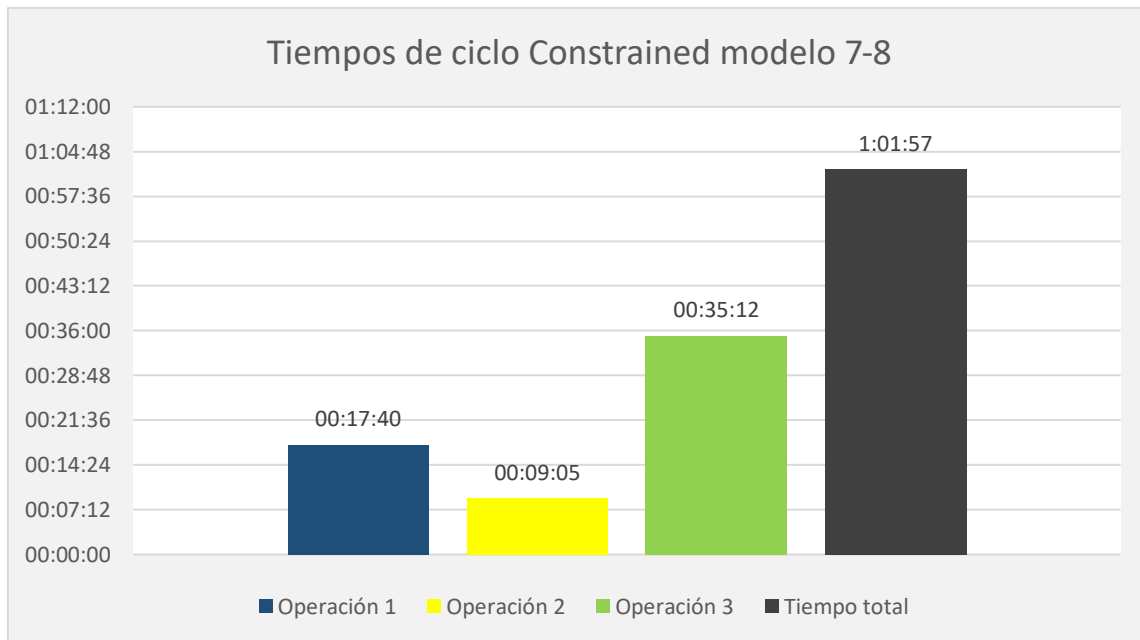


Gráfico 2. Tiempos de ciclo para Constrained modelo 7-8

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en el gráfico anterior, el tiempo real de ciclo total es de 1 hora, 1 min y 57 s, lo cual dividido entre dos piezas producidas por cada ciclo entrega un resultado de aproximadamente 31 min por pieza producida. Llama la atención que el tiempo para el dispositivo con mayor tamaño y, por lo tanto, con mayor tiempo de ciclo, es 9 min inferior al tiempo de 40 min asignado por la empresa para esta operación.

#### 4.1.7. Definición de causa raíz

Con la información obtenida durante el estudio de tiempo de preparación de máquina y tiempo de ciclo se demostró que el dispositivo tiene asignado por la empresa en el sistema más del tiempo necesario para ejecutar ambas operaciones y, sin embargo, los operarios cobran más tiempo. A partir de lo anterior, se llevó a cabo una selección en la que se aplicó la herramienta multivoto con las partes involucradas y

se analizó nuevamente el diagrama de Ishikawa de la Figura 13. Esto con el fin de definir las causas raíz de la problemática percibida mediante un balance entre el impacto que tienen las posibles causas y la viabilidad para resolverlas. El resultado del análisis se muestra a continuación:

Materiales: la ausencia del juego *holders* extra hace que las tareas externas del *set up* se tengan que llevar a cabo cuando la máquina está detenida.

Método: al no haber un estándar de trabajo da pie a que los operarios hagan su trabajo de maneras distintas, lo que propicia que no se dure lo mismo en cada *set up*, ya que algunos operarios por experiencia o proactividad utilizan el tiempo de mejor manera con respecto a otros. Lo anterior causaría un difícil control por parte del supervisor sobre los paros de la máquina.

No se considera como causa raíz el hecho de que los tiempos no se encuentren en la hoja de ruta explícitamente para *set up* y tiempo de ciclo (vienen sumados), ya que esta no sería una justificación para que el *set up* sea más prolongado. Además, el ERP de la empresa genera las hojas de ruta de esta manera y la compañía no está dispuesta a pagar una modificación del sistema.

Máquina: no es una causa raíz el hecho de que se tengan que cambiar las seis herramientas en todos los *set ups*, ya que este es un proceso que se definió para alcanzar el acabado en las piezas que solicita el cliente. Además, el cambio de estas es una tarea externa que podría ejecutarse y solventar la falta del juego extra de *holders*.

Medioambiente: no se considera una causa raíz el uso compartido del Haimer y Zoller (ver glosario), ya que estos aparatos se utilizan durante la ejecución de tareas externas que no detendrían la máquina.

Medición: se considera como una causa raíz el que nunca se haya medido el proceso de CNC 4 ejes, ya que esto ha causado que la empresa trabaje bajo condiciones poco eficientes y con gasto de insumos. De hecho, de no haber existido el presente estudio la problemática seguiría oculta.

Mano de Obra: no se considera causa raíz la manera en que los operarios cobran sus tiempos, ya que en este caso el error es sistemático y los operarios están instruidos a cobrar el tiempo que indique la hoja de ruta.

Tampoco se considera como causa raíz el solo tener un supervisor, ya que con los controles y filtros correctos a nivel de sistema el operario no podría tener tiempo ocioso, aunque el supervisor esté ausente.

Con base en el análisis multivoto anterior con las partes involucradas en el estudio, se definen las siguientes causas raíz para trabajarlas en la propuesta de mejora en el capítulo 5:

Primera causa raíz: el departamento no cuenta con los insumos necesarios que permitan ejecutar las tareas externas del proceso de *set up* de la próxima orden de producción mientras la máquina produce piezas de la orden de producción anterior. Estos insumos son *holders* para las seis herramientas de cambio obligatorio y tarjeta externa para almacenar programas.

Por lo anterior, el operario debe esperar a que la máquina se detenga para extraer los *holders* y la tarjeta externa e iniciar desde cero el proceso de *set up*, lo que genera un paro mucho mayor al necesario.

Segunda causa raíz: falta de estudios previos de mejora continua relacionados con el proceso productivo, lo que genera en la supervisión una falta de control y visualización del tiempo ocioso presente en los procesos de manufactura. Esto le permite al operario trabajar sin ser medido contra un parámetro real lo que, a la vez, le da posibilidad de hacer cobros de tiempo desmedidos.

Además, la falta de estudios previos propicia que no haya un proceso de trabajo estándar que controle que todos los operarios trabajen de la manera más eficiente, una vez definida esta manera por un trabajo de campo.

#### **4.1.8. Resumen del capítulo**

En este capítulo se llevó a cabo un análisis detallado de los datos obtenidos durante los estudios de tiempos, así como los datos de costos e históricos de producción facilitados por la empresa para determinar las causas raíz que generan el malestar en el proceso.

Estos, en resumen, son la falta de insumos utilizados durante el proceso de *set up* y falta de estudios previos, situación que dificulta el control de los tiempos ociosos del proceso.

Adicionalmente, se estableció el proceso en estudio para tener una idea más precisa de las tareas, insumos, procesos anteriores, posteriores y partes

involucradas. Con esto se asegura que no se omitan detalles en el momento de elaborar las propuestas de mejora en la siguiente fase del proyecto.

## **CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## 5.1. DISEÑO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Con el fin de eliminar las tres causas raíz que responden al síntoma del problema percibido por la empresa, es decir, una diferencia muy marcada en la cantidad de piezas producidas entre los turnos de trabajo en los que se hace el *set up* de las máquinas, en comparación con los turnos en que no se ejecuta esta tarea. Se establecen las siguientes mejoras (ver resumen en Tabla 1):

Tabla 1. Causa raíz versus propuesta de mejora

Causa raíz	Propuesta de mejora
No se cuenta con los insumos para ejecutar las tareas externas con las máquinas en operación (primera causa).	Hacer la compra de los 6 <i>holders</i> necesarios (sección 5.1.1)
Debido a falta de estudios previos no existe trabajo estándar que controle las tareas de set up y permita control por los supervisores (segunda causa).	Generar hojas de trabajo estándar con las tareas ejecutadas de manera eficiente y con un tiempo meta (sección 5.1.2).

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1. Compra de un juego adicional de holders y asignación de tarjeta para programas

Para ejecutar las tareas externas del proceso de *set up*, lo cual permitirá reducir el tiempo de paro de las máquinas, se propone la compra por parte de la empresa de un juego adicional de los 6 *holders* utilizados en esta labor y disponer de una tarjeta adicional para cargar programas. Lo anterior permitirá que el operario ejecute todas

las tareas externas con un tiempo promedio medido durante el estudio de 39 min 42 s mientras que las máquinas trabajan en la orden de producción anterior. Al trabajar de esta manera, una vez la máquina termina una orden de producción únicamente se deberán llevar a cabo las tareas internas con un tiempo promedio medido de 12 min 44 s.

La compra de los insumos está en trámite por parte del supervisor del Departamento de CNC horizontal (ver anexo 2) y contó con el visto bueno de la gerencia general de Oberg Costa Rica.

Una vez recibidos los insumos que permitan ejecutar las tareas externas de la preparación durante la operación de la máquina, se considera prudente establecer un nuevo tiempo de 30 min para el proceso de preparación de máquina. Lo anterior al considerar que las tareas internas tardan en promedio 12 min 44s y deja una ventana de tiempo suficiente que permita solventar imprevistos durante la ejecución de las tareas. Esto se debe a que hay otros departamentos que utilizan el Haimer y Zoller (ver glosario) durante su *set up*, lo que puede probar demoras si en el momento de llevar a cabo un *set up* estos instrumentos se están utilizando.

Lo anterior generaría una ganancia a la empresa de 1 hora y 30 min en cada *set up* hecho en el futuro, ya que se reduciría el tiempo asignado de las 2 horas actuales a los 30 min propuestos.

Al saber que los operarios no pueden alterar el tiempo de ciclo, ya que es controlado por la máquina y, con el fin de eliminar el tiempo ocioso del proceso, se propone ajustar el tiempo de ciclo actual de 40 minutos por pieza para todos los

modelos de Constrained, al tiempo real de ciclo comprobado en este estudio de 31 minutos por pieza. Esto le ahorraría a la empresa el cobro por parte del operario de 9 minutos por cada pieza producida. A continuación, se muestra un resumen comparativo de los tiempos involucrados en la mejora:

Tabla 2. *Tiempos actuales, tiempos propuestos y ahorro de tiempo*

Tiempos (min)	Actual	Propuesto	Ahorro
Set up	120	30	90
Ciclo	40	31	9

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos propuestos se controlan mediante la actualización en el ERP de la empresa de los tiempos de *set up* y ciclo asignados al proyecto. Cada orden de producción está acompañada de una hoja de ruta que genera el sistema ERP de Oberg, los operarios cobran su tiempo laborado con base en esta, por lo que ya no tendrían disponible tiempo de sobra u ocioso para cobrar en el sistema, sino que deberán apegarse a la realidad.

Por otro lado, el ajuste de los tiempos en sistema permite monitorear en cada orden de producción su eficiencia al ser finalizada. La eficiencia es un indicador establecido por Oberg en su sistema de calidad como una métrica de calidad corporativa y la monitorea el equipo de control de producción y durante las revisiones gerenciales.

### **5.1.2. Diseño de hoja de trabajo estándar**

El fin es controlar el proceso de *set up* para que los operarios ejecuten esta tarea de manera estándar y, adicionalmente, que el supervisor pueda controlar el proceso

contra un parámetro de tiempo ya establecido para evitar el tiempo ocioso presente en el proceso actual.

Se generaron dos hojas de trabajo estándar y, de esta forma, se creó una guía visual con las operaciones y el orden que se debe seguir para tener un proceso que se ejecute de la misma manera indiferentemente del operador en turno y, además, con un tiempo meta para llevar a cabo las tareas.

Para conseguir esta mejora se propone el uso de la hoja de trabajo estándar existente en Oberg Costa Rica, conocida como Mapa de proceso mediante fotografías (PPM por sus siglas en inglés).

En el caso particular de esta propuesta de mejora y para generar un orden cronológico de las tareas, se generaron dos hojas de trabajo estándar, una para las tareas externas con un tiempo meta de 40 min, las cuales se ejecutarán durante la operación de la máquina en la orden de producción anterior y una para las tareas internas con un tiempo meta de 30 min. Ambos tiempos meta se establecieron con base en los tiempos recuperados de los estudios de tiempo del presente estudio (ver ejemplo del formato en Figura 19).

PPM set up tareas externas dispositivos Constrained PMC-OCR-080 Rev. 1		
Reminders <input type="checkbox"/> Picture in column on right <input type="checkbox"/> Picture in following tables <input type="checkbox"/> Troubleshooting		
Overview	Instructions & Explanations	Target 40 min
<b>1 Retiro de herramientas</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tome una nueva orden de producción de rack, de acuerdo con la lista de prioridades.</li> <li>2. Cuente la cantidad de materia prima contra el plano de manufactura.</li> <li>3. Complete información de DMR.</li> <li>4. Utilizando el carro rojo y las 6 herramientas T8, T10, T12, T26 y T27 <input type="checkbox"/>1 dirijase al Autocrib <input type="checkbox"/>2</li> <li>5. Login de Autocrib= # empleado, # orden de producción a ejecutar.</li> <li>6. Tome las 6 herramientas y proceda con el paso 2</li> </ol>		<input type="checkbox"/> 1 Carro rojo y herramientas  <input type="checkbox"/> 2 Autocrib 
<b>2 Sustitución de herramientas en holders.</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Utilizando el Haimer y su respectivo PPM inicie reemplazando las herramientas de holder térmico <input type="checkbox"/> 3 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicie con la herramienta T8</li> <li>• Mientras la T8 se enfría, haga, realice un cuello donde empieza el flute de 200° a la T10 en la maquina rectificadora <input type="checkbox"/> 4</li> <li>• Retire la T8 ya fría y proceda a cambiar la T10.</li> <li>• Mientras la T10 se enfría proceda a reemplazar las herramientas de holder hidráulico T12, T26 y T27.</li> <li>• Coloque de vuelta las herramientas en el carro rojo y proceda con el paso 3</li> </ul> </li> </ol>		<input type="checkbox"/> 3 Haimer 

Figura 19. Sección de hoja de trabajo estándar realizada

Fuente: elaboración propia.

Ambas hojas de trabajo completas se encuentran en la sección de apéndices del presente estudio (ver apéndices F y G).

De esta manera y con el ajuste de los tiempos en el ERP Oberg se controla que la mejora se mantenga en el futuro, ya que todas las partes tendrán fácil visualización del tiempo que debería estar una máquina en paro por *set up*. Cualquier variación la detectará el Departamento de Control de Producción encargado de generar los reportes de eficiencia con base en los tiempos cobrados a las órdenes de producción.

### 5.1.3. Análisis de costos de la mejora

Con el fin de cuantificar el beneficio de la mejora propuesta se generó un reporte con una proyección (ver Tabla 3), con base en los datos obtenidos en este estudio y en el histórico de órdenes producidas de enero a junio del presente año.

Se establece el uso de una proyección con base en históricos, debido al hecho de que al solicitar un reporte a control de producción (ver apéndice E) sobre la demanda futura del proyecto se obtuvo un reporte que al día 10 de julio contiene 81 órdenes de producción activas. Adicionalmente, se sabe por medio del gerente del proyecto en Oberg US que no hay intención por parte del cliente final de disminuir la demanda, por lo que se espera que a final de año el número de órdenes de producción iguale o supere la cantidad de órdenes del primer semestre.

Para lo anterior, se toma en cuenta la información sobre el costo por hora conocido en Oberg como el *rate* de \$38.46 del Departamento de CNC horizontal, facilitada por el Departamento de cotizaciones (ver anexo 1).

Tabla 3. Comparación de costos de producción, situación actual versus propuesta

Comparación de costos de producción actual vs. propuesta			
Rubro	Actual	Propuesto	Ganancia
Tiempo set up(h)	2	0.5	1.5
Tiempo ciclo(h)	0.66	0.51	0.15
Set up realizados	163	163	-
Piezas producidas	5277	5277	-
Rate del Depto.	\$38.46	\$38.46	-
Costo de set up	\$76.92	\$19.23	\$57.69
Costo de pc/ ciclo	\$25.38	\$19.61	\$5.77
<b>Costo de producción</b>	<b>\$146 487.22</b>	<b>\$106 640.73</b>	<b>\$39 846.48</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra una clara oportunidad de mejora si se aplica el ajuste de los tiempos a la realidad medida durante este estudio, ya que con base en los costos de producción y al aplicar la reducción de tiempos se espera una ganancia total de \$39 846.48. Esta se obtiene a partir de la resta de los costos de producción con los tiempos de *set up* y ciclo actuales establecidos por Oberg, menos los costos de producción una vez aplicados tiempos de *set up* y ciclo determinados por el estudio.

Al analizar los datos individualmente se debe rescatar que, si se aplican los tiempos resultantes del presente estudio, se percibiría un ahorro de \$57.69 en cada *set up* u orden de producción que se ejecute en el futuro y una disminución del costo de cada pieza por concepto de tiempo de ciclo de \$5.77.

Como ejemplo, una vez aplicada la mejora y con base en una orden de producción de 30 piezas, que es lo más común, según el reporte de control de producción, Oberg se podría ahorrar un total de \$7.70 por cada unidad producida. Lo anterior debido a que el costo por concepto de *set up* se diluye entre la totalidad de piezas manufacturadas en la orden de producción.

#### **5.1.4. Costo de la propuesta de mejora**

Como se mencionó, para eliminar las causas raíz Oberg necesita un juego adicional de los insumos utilizados en las seis herramientas que se cambian cuando hay *set up* en el proyecto *Constrained*, además de las hojas de trabajo estándar y ajustes de tiempos en el sistema ERP de la empresa.

Se requiere cuantificar el costo de la mejora, por lo que se solicitó al supervisor del departamento una cotización con su proveedor de confianza (ver anexo 2) para adquirir el juego adicional necesario que permita poner en marcha la propuesta.

Con base en esta cotización, se considera necesaria una única inversión por concepto de insumos para un juego adicional de *set up* el monto de \$2 702.00. Este sería el único costo asociado con la mejora, ya que el resto de las acciones no requieren inversión porque las hojas de trabajo estándar las elaboró el encargo del presente estudio y la otra acción para completar la mejora es únicamente un ajuste del tiempo en el sistema ERP de la empresa.

#### **5.1.5. Análisis de costo-beneficio**

Para calcular el retorno de la inversión se debe considerar la siguiente información:

De acuerdo con reporte proporcionado por control de producción, el histórico dato muestra que Oberg Costa Rica manufacturó un total de 163 órdenes de producción en los primeros 6 meses de manera constante, lo que daría un promedio de 27 órdenes de 30 piezas hechas cada mes.

Con las condiciones de trabajo planteadas en la propuesta de mejora, se espera un ahorro de \$7.70 por cada pieza, es decir, \$231 por cada orden de producción de 30 piezas manufacturada.

Al conocer que el costo de la inversión es de \$2 702.00 se procede a generar la Tabla 4 para consolidar los datos y estimar el retorno de la inversión hecha por

Oberg Costa Rica en cantidad de órdenes de producción.

Tabla 4. *Cálculo de costo-beneficio.*

<b>Retorno de la inversión en órdenes de producción</b>	
Ahorro por pieza	\$7.70
Cantidad de piezas por orden	30
Ahorro por orden de producción	\$231
Inversión requerida	\$2 702
<b>Cantidad de órdenes para retorno</b>	<b>11.6969697</b>

Fuente: elaboración propia.

Como lo muestra la Tabla 3 y con base en el ahorro generado por la propuesta de mejora, Oberg tendría un retorno de su inversión al ejecutar la doceava orden de producción (11.69). Este dato se obtiene a partir de la división del costo de la inversión (\$2.702), entre la ganancia en cada una de las órdenes de producción (\$231) que generaría la mejora.

Con base en el dato histórico obtenido del ERP de 163 órdenes de producción manufacturadas por Oberg de enero a junio 2019 a un ritmo constante, se estima que al dividir las 163 órdenes entre los 6 meses en los que se manufacturaron, Oberg produce un promedio de 27 órdenes por mes.

Con un promedio histórico de 27 órdenes de producción manufacturas cada mes por la empresa Oberg Costa Rica, se estima que el tiempo del retorno de la inversión será inferior a un mes, ya que solo necesitaría 12 órdenes para pagar la inversión por concepto de *holders*.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. CONCLUSIONES

1. Una vez terminado el estudio se determina que los objetivos, general y específicos, se alcanzaron con éxito y se solucionó la problemática percibida por la empresa, al eliminar la causa raíz de esta.
2. Se generó un diagnóstico de la situación actual que permitió, mediante el análisis de los tiempos del proceso, desarrollar tablas e información suficiente para, de esta manera, segregar todas las tareas que actualmente se ejecutan como internas, en grupos de tareas externas e internas.
3. Con la aplicación de la mejora habrá un beneficio para la empresa percibido en términos financieros mediante la reducción de los tiempos de proceso en *set up* y ciclo de las piezas, así como para la supervisión que permitirá visualizar de forma más sencilla los tiempos para tomar decisiones. Por otro lado, los operarios se beneficiarán gracias a los estándares de trabajo que les permitirá llevar a cabo sus tareas de manera ordenada y sin errores.
4. Mediante hojas de trabajo estándar se mitigó el problema al no contar con procesos controlados que permitan ejecutar las tareas de manera óptima. Esto debido a que las hojas se desarrollaron en conjunto con el equipo involucrado en el proceso para garantizar que se eliminaron todos los tiempos muertos y desperdicios posibles.
5. Al aplicar un juego de *set up* para ejecutar tareas externas sin detener la

máquina, se redujo el tiempo de paro de las máquinas de 1.5 horas a 30 minutos. Adicionalmente, durante el estudio se encontró que el tiempo de ciclo de la máquina estaba sobrecargado; después de evaluarlo se redujo de 40 min a 31 min, es decir, un ahorro de 9 minutos por pieza producida.

6. Una vez ajustados los tiempos en el sistema de la empresa a la realidad del proceso se eliminaron los tiempos de ocio que se generaban al dar más tiempo del necesario a los operarios. Además, con este ajuste se podrá controlar mejor la eficiencia del proceso.
7. Gracias al proyecto se elaboró una guía para que las partes involucradas en este y otros proyectos apliquen este tipo de evaluaciones a diferentes líneas de producto manufacturadas por la empresa y, de esta forma, generar más ganancias en el futuro.
8. Con la aplicación de las mejoras y con base en proyecciones, Oberg Costa Rica percibirá una ganancia de \$37 144.48 al finalizar el año, una vez rebajado el monto invertido de \$2 702.00.
9. Oberg, como corporación, será capaz de disminuir sus costos de manufactura en \$7.70 por cada pieza producida, por lo tanto, tendrá una mayor ganancia al vender el dispositivo al cliente final.
10. En los datos históricos de enero a junio 2019 no se encontró una problemática por piezas defectuosas, ya que todas las órdenes se entregaron sin faltantes. Esto demuestra que el factor de desperdicios por

materia prima no afecta el proyecto.

## 6.2. RECOMENDACIONES

1. Se les recomienda las partes involucradas llevar a cabo estudios como los ejecutados en este proyecto para reducir desperdicios en otros productos manufacturados por la empresa.
2. Adicionalmente y como precedente en esta investigación, se le recomienda a la gerencia general promover procesos de mejora que ayuden a los distintos departamentos de Oberg a medir sus procesos de manera objetiva, ya que si un proceso no se mide nunca se podrá mejorar.
3. Se recomienda al Departamento de Cotizaciones, el cual asigna los tiempos para cada producto, llevar a cabo estudios de tiempo de los proyectos existentes y futuros en la empresa. Esto con el fin de encontrar situaciones de tiempos sobrecargados u ociosos y, por lo tanto, desperdicios en otros productos. Esto les permitirá, en caso de ser un producto nuevo, brindar un mejor precio al cliente y, de esta forma, tener más oportunidad de ganar una cotización.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Besterfield, D. H. (1999). Total Quality Management, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Eckes, G. (2001). The Six Sigma Revolution. New York: John Wiley & Sons.
- Goldratt, E. (1990). Theory of Constraints. Great Barrington, MA: North River Press.
- Harry, M. & Schroeder, R. (2000). Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy, New York: Currency/Doubleday.
- Imai, M. (1997). Gemba Kaizen: A Commonsense, Low- Cost Approach to Management. New York: McGraw-Hill.
- Juran, J. M & Gryna, F. M. (1993). Quality Planning and Analysis, 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Osborne, D. & Gaebler, T. (1992). Reinventing Government: How the Entrepreneurial Spirit is Transforming the Public Sector. New York: Addison-Wesley.
- Palacios Acero, L. C. (2009). Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos, Ecoe Ediciones.
- Pande, P. S., Neuman, P. R. & Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way. New York: McGraw- Hill.
- Rajadell Carreras, M. y García, J. L. (2010). Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad, Ediciones Díaz de Santos.
- Rother, M. & Shook, J. (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute.
- Scholtes, P. R., Joiner, B. L. & Streibel, B. J. (1996). The team Handbook, 2<sup>nd</sup> ed. Madison, WI: Oriol, Inc.
- Sharma, A. & Moody, P. (2001). The Perfect Engine: How to Win in the New Demand Economy by Building to Order with Fewer Resources. New York: The Free

Press.

Troconiz, D. (2007). Ingeniería Industrial. Argentina: El CLD Editor.

Wortman, B. L. & Richardson, W. R. (2014). CSSGB Primer. Terre Haute, IN: Quality Council of Indiana.

## APÉNDICES

## APÉNDICE A: TABLA DE ESTUDIOS DE TIEMPOS OPERARIO 1

#	Tarea	Inicia(m.s)	Termina(m.s)	Tiempo	Tipo de tare	Comentarios
1	Se desplaza por Job package	00:00:00	00:01:25	00:01:25	Externa	
2	Cuenta materia prima contra plano	00:01:25	00:02:33	00:01:08	Externa	
3	Saca herramientas (6) a cambiar de la maquina	00:02:33	00:05:10	00:02:37	Interna	Todos los set ups se cambian T8 T10 T12 T26 T27 T28
4	Desplazamiento a maquina de herramientas	00:05:10	00:05:40	00:00:30	Externa	
5	Saca las 6 herramientas de las maquinas	00:05:40	00:12:05	00:06:25	Externa	Las herramientas en dos maquinas distintas(doble login)
6	Desplazamiento a maquina para holder térmicos	00:12:05	00:12:40	00:00:35	Externa	
7	Desmontar y montar en holder térmicos e hidraulicos	00:13:09	00:34:03	00:20:54	Externa	cuello de la T10 mientras se enfrian herramientas
8	Mover herramientas al zoller	00:24:32	00:25:06	00:00:34	Externa	Queda herramienta enfriando (T10)
9	Se toman alturas de las herramientas en el zoller	00:25:06	00:29:50	00:04:44	Externa	
10	Montar herramientas en maquina	00:30:30	00:34:03	00:03:33	Interna	Vuelve por T10 fría medir altura.
11	Se desplaza a Fanuc a ingresar alturas nuevas.	00:34:03	00:34:45	00:00:42	Externa	
12	Ingresar alturas al controlador	00:34:45	00:36:23	00:01:38	Interna	
13	Hacer verificación de programa cargado en la maquina, ver si requiere cambio	00:36:23	00:38:09	00:01:46	Externa	No requería cambio, mismo modelo a correr que el anterior.
14	Descompensar las herramientas en programa lote anterior	00:38:09	00:40:45	00:02:36	Interna	
15	Comienza documentación en operación de DMR.	00:40:45	00:43:25	00:02:40	Externa	
16	Se monta primer corrida de pieza en fixture	00:43:33	00:45:50	00:02:17	Interna	No hubo cambio de fixture ya que se corre mismo modelo que el plano anterior.
17	Se desplaza a controlador y ejecuta la maquina	00:45:50	00:46:45	00:00:55	Interna	
				00:13:36		

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE B: TABLA DE ESTUDIOS DE TIEMPOS OPERARIO 2

#	Tarea	Inicia(m.s)	Termina(m.s)	Tiempo	Tipo de tare	Comentarios
1	Busca en el bin el plano y materia prima a trabajar	00:00:00	00:02:00	00:02:00	Externa	
2	Se desplaza a la maquina de herramientas y retira herramientas	00:02:00	00:09:40	00:07:40	Externa	Las 6 que se cambian en cada plano
3	Se desplaza a la CNC a bajar herramientas T8 T10 T26 T27 T28	00:09:40	00:12:32	00:02:52	Interna	
4	Se desplaza a la rectificadora para hacer cuello T10	00:12:32	00:14:10	00:01:38	Externa	Rectificadora sucia, tubo que limpiar para empezar
5	Hace rectificado de cuello en T10	00:14:10	00:16:15	00:02:05	Externa	
6	Vuelve a CNC para llevar herramientas a Haimer	00:16:15	00:16:45	00:00:30	Externa	desplazamiento
7	Transporta herramientas en la mano al Haimer	00:16:45	00:18:20	00:01:35	Externa	Hace dos viajes porque no caben todas en la mano, tuvo que buscar un pilot para aproximar altura. Mientras se van enfriando holders termicos, cambia hidraulicos y toma alturas en Zoller( la ultima herramienta es soplada y con alcohol para enfriar.)
8	Calienta Primera herramienta en el Haimer	00:18:30	00:32:25	00:13:55	Externa	
9	Transporta herramientas a CNC(en la mano)	00:32:25	00:33:27	00:01:02	Externa	Tuvo que volver por una herramienta al zoller
10	Comienza a montar herramientas en CNC	00:33:50	00:35:20	00:01:30	Interna	
11	Ingresa nuevas alturas ed herramienta en Fanuc(mismo lugar)	00:35:30	00:36:32	00:01:02	Interna	
12	Lleva plano anterior a bin de material listo	00:36:32	00:38:50	00:02:18	Externa	El plano anterior ún estaba en la mesa de trabajo.
13	Tiempo detenido, un compañero hace consulta	00:38:50	00:39:47	00:00:57	N/A	No se contabiliza como tiempo en set up El modelo a trabajar es distinto al interior por lo que se requiere un cambio de fixture
14	Se requiere cambiar muelas de segunda op.	00:41:00	00:43:53	00:02:53	Interna	
15	Completa información inicial en DMR	00:44:00	00:45:50	00:01:50	Externa	Se pone externa porque no detiene la maquina.
16	Montar primera pieza para primera operación	00:46:00	00:46:50	00:00:50	Interna	
18	Busca los programas del modelo a trabajar	00:47:05	00:50:39	00:03:34	Externa	Se tienen que renombrar y ajustar el avance de la herramienta de los 10 programas de 3era op.
19	Carga programas a la tarjeta externa e ingresa en la maquina	00:50:39	00:52:22	00:01:43	Interna	
20	Ejecuta la maquina(pone a correr)	00:52:22	00:52:30	00:00:08	Interna	
				00:10:58		

Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE C: TABLA DE ESTUDIOS DE TIEMPOS OPERARIO 3

#	Tarea	Inicia(m.s)	Termina(m.s)	Tiempo	Tipo de tarea	Comentarios
1	Comienza ordenando el puesto(line clearance)	00:00:00	00:00:40	00:00:40	Externa	
2	Verificar materia prima contra DMR	00:00:40	00:01:08	00:00:28	Externa	
3	Documenta primera sección del DMR	00:01:08	00:02:02	00:00:54	Externa	
4	Verifica programa cargado en CNC contra el DMR	00:02:02	00:04:22	00:02:20	Externa	
5	Va a computadora para acceder a programas de 3era	00:04:22	00:06:20	00:01:58	Externa	Programas son copiados del servidor y pegados en tarjeta externa
6	Renombrar programas	00:06:20	00:09:05	00:02:45	Externa	Esto se hace para que la CNC los reconozca.
7	Ingresa la tarjeta con programas en CNC	00:09:05	00:09:30	00:00:25	Interna	
8	Vuelve a hacer un cambio en el programa que recién ingresó	00:09:30	00:11:56	00:02:26	Externa	Hay que hacer unos cambios manuales al programa para cambiar avances.
9	Vuelve a ingresar tarjeta a maquina	00:11:56	00:12:05	00:00:09	Interna	
10	Completa primera etapa en DMR.	00:12:05	00:13:15	00:01:10	Externa	Habia quedado una sección pendiente
11	Empieza a retirar herramientas de la CNC	00:13:15	00:16:55	00:03:40	Interna	Tuvo que buscar una llave para soltar las herramientas en otra maquina
12	Desplazamiento a maquina de herraments	00:16:55	00:17:32	00:00:37	Externa	olvida order de producción para log in
13	Vuelve a CNC por plano	00:17:32	00:18:19	00:00:47	Externa	El numero de orden de producción es necesario para obtener herramienta
14	Comienza a obtener herramientas de la maquina	00:18:19	00:24:00	00:05:41	Externa	
15	Desplazamiento a Haimer	00:24:00	00:24:55	00:00:55	Externa	
16	Cambio de herramienta termica T8	00:24:55	00:26:00	00:01:05	Externa	Deja enfriando
18	Cambio herramientas hidraulicas T26, T 31 y T27	00:26:00	00:28:50	00:02:50	Externa	Mientras T8 se va enfriando
19	Hace cuello de T10	00:29:00	00:35:05	00:06:05	Externa	
20	Cambio de holder termico T10(ya con cuello)	00:35:05	00:36:45	00:01:40	Externa	Deja enfriando mientras toma altura en Zoller
21	Pasa herramientas al Zoller	00:36:45	00:37:35	00:00:50	Externa	Estan al lado
22	Tomar alturas de T8, T26, T27, T31	00:38:00	00:42:30	00:04:30	Externa	
23	T10 ya fria es medida en altura	00:43:00	00:43:50	00:00:50	Externa	
24	Desplazamiento a maquina con herramientas en carro	00:43:50	00:44:09	00:00:19	Externa	
25	Montar herramientas en maquina	00:44:09	00:45:42	00:01:33	Interna	
26	Ingresa alturas de las herramientas	00:45:50	00:47:55	00:02:05	Interna	
27	Descompensar en programa herramientas cambiadas	00:47:55	00:49:55	00:02:00	Interna	
28	Coloca materia prima para empezar operaciones	00:50:00	00:50:55	00:00:55	Interna	
29	Cambio de muelas de segunda operación(busca muelas)	00:50:55	00:51:40	00:00:45	Externa	Estan al lado de la maquina
30	Reemplazo en CNC de muelas de segunda operación	00:51:40	00:54:00	00:02:20	Interna	
31	Ejecuta maquina	00:54:00	00:54:30	00:00:30	Interna	Fin del Set up
				00:13:37		

Fuente: elaboración propia.

**APÉNDICE D: TABLA DE PREPARACIÓN DE MÁQUINA PARA EL  
PRODUCTO CONSTRAINED TRABAJADAS EN EL PERIODO ENERO  
A JUNIO 2019**

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2007791	Close	03-04-19/ 27	03-16-19/ 0	36	36
2007796	Close	02-18-19/ 27	02-28-19/ 0	36	36
2007794	Close	01-18-19/ 87	02-07-19/ 0	24	24
2007797	Close	02-01-19/ 87	02-02-19/ 0	24	24
2007826	Close	03-01-19/ 48	03-18-19/ 0	32	32
2007829	Close	03-08-19/ 48	03-25-19/ 0	32	32
2007830	Close	03-08-19/ 27	03-28-19/ 0	36	36
2007834	Close	03-01-19/ 27	03-18-19/ 0	36	36
2007828	Close	11-12-18/ 48	02-22-19/ 0	32	32
2007831	Close	03-08-19/ 48	04-01-19/ 0	32	32
2007839	Close	03-01-19/ 48	03-18-19/ 0	32	32
2007827	Close	11-12-18/ 27	02-22-19/ 0	36	36
2007838	Close	02-15-19/ 27	03-04-19/ 0	36	36
2007832	Close	11-12-18/ 55	02-14-19/ 0	30	30
2007835	Close	11-12-18/ 55	02-22-19/ 0	30	30
2007906	Close	11-19-18/ 20	02-15-19/ 0	42	42
2007912	Close	02-14-19/ 20	03-01-19/ 0	42	42
2007924	Close	11-19-18/ 97	02-16-19/ 0	42	42
2007934	Close	11-19-18/ 97	02-15-19/ 0	42	42
2007926	Close	01-30-19/ 27	02-04-19/ 0	36	34
2007938	Close	11-19-18/ 27	01-28-19/ 0	36	36
2007901	Close	11-19-18/ 75	02-22-19/ 0	30	30
2007916	Close	03-18-19/ 75	04-08-19/ 0	30	30
2007909	Close	03-19-19/ 27	04-05-19/ 0	36	36
2007913	Close	03-20-19/ 27	04-10-19/ 0	36	36
2007907	Close	03-25-19/ 18	04-11-19/ 0	40	40
2007942	Close	03-25-19/ 18	04-12-19/ 0	40	40
2007943	Close	03-05-19/ 18	04-01-19/ 0	40	38
2007915	Close	03-06-19/ 27	03-24-19/ 0	36	36
2007937	Close	01-31-19/ 87	02-25-19/ 0	24	24
2007944	Close	03-07-19/ 27	03-29-19/ 0	36	36
2007911	Close	02-15-19/ 47	02-22-19/ 0	42	42
2007933	Close	02-14-19/ 47	02-28-19/ 0	42	42

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2007904	Close	03-21-19/ 27	04-15-19/ 0	36	36
2007931	Close	03-25-19/ 27	04-12-19/ 0	36	36
2007914	Close	04-08-19/ 27	04-30-19/ 0	36	36
2007932	Close	04-09-19/ 27	05-02-19/ 0	36	36
2007939	Close	04-10-19/ 87	04-26-19/ 0	24	24
2007905	Close	01-21-19/ 77	01-25-19/ 0	36	36
2007910	Close	11-19-18/ 37	12-21-18/ 0	24	24
2007903	Close	04-08-19/ 27	05-06-19/ 0	36	36
2007917	Close	03-21-19/ 87	04-05-19/ 0	24	24
2007941	Close	04-10-19/ 27	05-07-19/ 0	36	36
2007927	Close	01-22-19/ 97	01-30-19/ 0	42	42
2007929	Close	01-21-19/ 97	01-25-19/ 0	42	42
2007919	Close	01-23-19/ 97	02-08-19/ 0	42	42
2007936	Close	01-30-19/ 97	02-15-19/ 0	42	42
2007928	Close	01-14-19/ 5	01-29-19/ 0	30	30
2007940	Close	01-09-19/ 5	01-24-19/ 0	30	30
2007902	Close	04-10-19/ 55	05-07-19/ 0	30	30
2007908	Close	04-09-19/ 55	05-06-19/ 0	30	30
2007918	Close	04-08-19/ 75	04-22-19/ 0	30	30
2007922	Close	04-09-19/ 75	05-06-19/ 0	30	30
2007923	Close	11-19-18/ 55	02-05-19/ 0	30	30
2007925	Close	11-19-18/ 55	02-04-19/ 0	30	30
2007920	Close	02-11-19/ 27	02-26-19/ 0	36	36
2007921	Close	02-12-19/ 27	02-27-19/ 0	36	36
2007935	Close	02-13-19/ 87	02-28-19/ 0	24	24
2008180	Close	02-22-19/ 20	03-01-19/ 0	42	42
2008190	Close	02-25-19/ 20	03-02-19/ 0	42	42
2008186	Close	02-25-19/ 20	03-02-19/ 0	42	42
2008199	Close	02-22-19/ 20	03-01-19/ 0	42	42
2008178	Close	03-04-19/ 64	03-18-19/ 0	30	30
2008206	Close	03-04-19/ 87	03-22-19/ 0	24	24
2008207	Close	03-05-19/ 87	03-20-19/ 0	24	24
2008177	Close	03-05-19/ 55	03-20-19/ 0	30	30
2008198	Close	03-04-19/ 55	03-25-19/ 0	30	30
2008189	Close	03-05-19/ 55	03-20-19/ 0	30	30
2008192	Close	03-04-19/ 55	03-25-19/ 0	30	30
2008184	Close	03-20-19/ 55	04-18-19/ 0	30	30
2008205	Close	03-08-19/ 55	04-01-19/ 0	30	30
2008179	Close	01-16-19/ 48	03-08-19/ 0	32	32
2008182	Close	01-16-19/ 48	03-04-19/ 0	32	32

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2008193	Close	03-11-19/ 48	03-26-19/ 0	32	32
2008181	Close	03-15-19/ 27	04-08-19/ 0	36	36
2008196	Close	03-08-19/ 27	03-25-19/ 0	36	36
2008183	Close	03-14-19/ 55	03-29-19/ 0	30	30
2008208	Close	03-18-19/ 55	04-08-19/ 0	30	30
2008188	Close	03-14-19/ 27	04-08-19/ 0	36	36
2008195	Close	03-18-19/ 27	04-01-19/ 0	36	36
2008203	Close	03-15-19/ 55	04-19-19/ 0	30	30
2008204	Close	03-21-19/ 55	04-05-19/ 0	30	30
2008200	Close	03-21-19/ 55	04-12-19/ 0	30	30
2008201	Close	03-22-19/ 55	04-12-19/ 0	30	30
2008187	Close	03-21-19/ 87	04-12-19/ 0	24	24
2008209	Close	03-22-19/ 87	04-08-19/ 0	24	24
2008197	Close	03-22-19/ 55	04-08-19/ 0	30	30
2008194	Close	04-10-19/ 55	05-07-19/ 0	30	30
2008202	Close	04-10-19/ 55	05-08-19/ 0	30	30
2008363	Close	04-10-19/ 87	05-02-19/ 0	24	24
2008369	Close	04-11-19/ 87	05-03-19/ 0	24	24
2008364	Close	04-24-19/ 55	05-10-19/ 0	30	30
2008370	Close	04-11-19/ 55	05-03-19/ 0	30	30
2008367	Close	04-24-19/ 87	05-10-19/ 0	24	24
2008372	Close	04-23-19/ 87	05-09-19/ 0	24	24
2008368	Close	04-24-19/ 27	05-10-19/ 0	36	36
2008365	Close	04-10-19/ 87	05-02-19/ 0	24	24
2008371	Close	04-11-19/ 87	05-03-19/ 0	24	24
2008366	Close	04-23-19/ 87	05-09-19/ 0	24	24
2008373	Close	04-24-19/ 87	05-18-19/ 0	24	24
2008532	Close	05-20-19/ 27	06-04-19/ 0	36	36
2008514	Close	06-11-19/ 37	06-26-19/ 0	36	36
2008531	Close	05-02-19/ 27	05-17-19/ 0	36	36
2008512	Close	04-29-19/ 55	05-15-19/ 0	30	30
2008521	Close	04-30-19/ 55	05-16-19/ 0	30	30
2008525	Close	05-08-19/ 37	05-23-19/ 0	36	36
2008510	Close	05-09-19/ 27	05-24-19/ 0	36	36
2008520	Close	05-14-19/ 27	05-29-19/ 0	36	36
2008522	Close	05-13-19/ 27	05-28-19/ 0	36	36
2008530	Close	05-07-19/ 87	05-22-19/ 0	24	24
2008516	Close	06-12-19/ 27	06-27-19/ 0	36	36
2008529	Close	04-26-19/ 27	05-14-19/ 0	36	36

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2008503	Close	06-19-19/ 27	07-04-19/ 0	36	36
2008513	Close	06-18-19/ 27	07-03-19/ 0	36	36
2008508	Close	06-06-19/ 27	06-21-19/ 0	36	36
2008515	Close	06-10-19/ 27	06-25-19/ 0	36	36
2008506	Close	06-17-19/ 87	07-02-19/ 0	24	24
2008511	Close	06-13-19/ 87	06-28-19/ 0	24	24
2008509	Close	05-21-19/ 94	06-05-19/ 0	24	24
2008519	Close	05-22-19/ 94	06-06-19/ 0	24	24
2008504	Close	05-23-19/ 87	06-07-19/ 0	24	24
2008526	Close	05-27-19/ 87	06-11-19/ 0	24	24
2008524	Close	05-15-19/ 87	05-30-19/ 0	24	24
2008528	Close	05-16-19/ 87	05-31-19/ 0	24	24
2008502	Close	05-28-19/ 87	06-12-19/ 0	24	24
2008518	Close	05-29-19/ 87	06-13-19/ 0	24	24
2008507	Close	06-03-19/ 55	06-18-19/ 0	30	30
2008527	Close	05-30-19/ 55	06-14-19/ 0	30	30
2008517	Close	06-04-19/ 87	06-19-19/ 0	24	24
2008523	Close	06-05-19/ 87	06-20-19/ 0	24	24
2008955	Close	06-17-19/ 27	07-02-19/ 0	36	36
2008954	Close	06-10-19/ 27	06-25-19/ 0	36	36
2008960	Close	06-17-19/ 55	07-02-19/ 0	30	30
2008959	Close	06-10-19/ 27	06-25-19/ 0	36	36
2008956	Close	06-10-19/ 37	06-25-19/ 0	36	36
2008961	Close	06-10-19/ 27	06-25-19/ 0	36	36
2008957	Close	06-10-19/ 27	06-25-19/ 0	36	36
2008972	Close	07-08-19/ 36	07-23-19/ 0	33	33
2008973	Close	07-09-19/ 36	07-24-19/ 0	33	33
2008974	Close	07-04-19/ 45	07-19-19/ 0	33	33
2008978	Close	07-03-19/ 45	07-18-19/ 0	33	33
2008971	Close	06-27-19/ 36	07-12-19/ 0	33	33
2008977	Close	06-26-19/ 36	07-11-19/ 0	33	33
2008970	Close	07-10-19/ 5	07-26-19/ 0	39	39
2008976	Close	06-24-19/ 36	07-09-19/ 0	33	33
2008980	Close	06-25-19/ 36	07-10-19/ 0	33	33
2008975	Close	07-01-19/ 36	07-16-19/ 0	33	33
2008979	Close	07-02-19/ 36	07-17-19/ 0	33	33
2009097	Close	07-29-19/ 71	08-14-19/ 0	36	36
2009098	Close	07-26-19/ 71	08-13-19/ 0	36	36
2009103	Close	07-23-19/ 71	08-09-19/ 0	36	36
2009108	Close	07-22-19/ 71	08-08-19/ 0	36	36

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2009105	Close	07-15-19/ 21	07-31-19/ 0	36	36
2009106	Close	07-12-19/ 21	07-30-19/ 0	36	36
2009101	Close	07-19-19/ 71	08-07-19/ 0	36	36
2009102	Close	07-16-19/ 21	08-01-19/ 0	36	36
2009107	Close	07-11-19/ 21	07-29-19/ 0	36	36
163	Set ups			Piezas producidas	5277

Fuente: recuperado del sistema ERP de Oberg Costa Rica.

## APÉNDICE E: ÓRDENES DE PRODUCCIÓN ACTIVAS DE CONSTRAINED A JULIO 10

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2009245	Relea	11-13-19/ 50	11-28-19/ 0	30	0
2009252	Relea	11-08-19/ 50	11-25-19/ 0	30	0
2009255	Relea	11-12-19/ 50	11-27-19/ 0	30	0
2009248	Relea	11-08-19/ 50	11-25-19/ 0	30	0
2009259	Relea	11-11-19/ 50	11-26-19/ 0	30	0
2009260	Relea	11-07-19/ 50	11-22-19/ 0	30	0
2009246	Relea	10-30-19/ 59	11-14-19/ 0	30	0
2009247	Relea	10-29-19/ 59	11-13-19/ 0	30	0
2009250	Relea	11-01-19/ 50	11-18-19/ 0	30	0
2009251	Relea	10-31-19/ 50	11-15-19/ 0	30	0
2009253	Relea	11-04-19/ 50	11-19-19/ 0	30	0
2009243	Relea	11-05-19/ 50	11-20-19/ 0	30	0
2009257	Relea	11-06-19/ 50	11-21-19/ 0	30	0
2009258	Relea	11-01-19/ 50	11-18-19/ 0	30	0
2009244	Relea	10-28-19/ 50	11-12-19/ 0	30	0
2009254	Relea	10-25-19/ 50	11-11-19/ 0	30	0
2009256	Relea	10-24-19/ 50	11-08-19/ 0	30	0
2009261	Activ	11-26-19/ 53	12-11-19/ 0	30	0
2009264	Activ	11-22-19/ 53	12-09-19/ 0	30	0
2009269	Activ	11-27-19/ 53	12-12-19/ 0	30	0
2009263	Activ	11-21-19/ 53	12-06-19/ 0	30	0
2009268	Activ	11-22-19/ 53	12-09-19/ 0	30	0
2009272	Activ	11-25-19/ 53	12-10-19/ 0	30	0
2009262	Activ	11-19-19/ 53	12-04-19/ 0	30	0
2009267	Activ	11-15-19/ 53	12-02-19/ 0	30	0
2009270	Activ	11-20-19/ 53	12-05-19/ 0	30	0
2009265	Activ	11-18-19/ 53	12-03-19/ 0	30	0
2009266	Activ	11-14-19/ 53	11-29-19/ 0	30	0
2009271	Activ	11-15-19/ 53	12-02-19/ 0	30	0
2009178	Activ	09-19-19/ 27	09-30-19/ 0	30	0
2009180	Activ	09-24-19/ 27	10-03-19/ 0	30	0
2009187	Activ	09-25-19/ 27	10-04-19/ 0	30	0
2009188	Activ	09-09-19/ 86	09-16-19/ 0	30	0
2009186	Activ	09-19-19/ 27	09-30-19/ 0	30	0
2009192	Activ	09-23-19/ 27	10-02-19/ 0	30	0

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2009201	Activ	09-20-19/ 27	10-01-19/ 0	30	0
2009193	Activ	09-12-19/ 70	09-23-19/ 0	30	0
2009203	Activ	09-18-19/ 27	09-27-19/ 0	30	0
2009212	Activ	09-17-19/ 27	09-26-19/ 0	30	0
2009195	Activ	09-11-19/ 60	09-23-19/ 0	30	0
2009205	Activ	09-12-19/ 60	09-24-19/ 0	30	0
2009211	Activ	09-13-19/ 60	09-25-19/ 0	30	0
2009189	Activ	09-10-19/ 60	09-20-19/ 0	30	0
2009197	Activ	09-09-19/ 27	09-18-19/ 0	30	0
2009209	Activ	09-10-19/ 27	09-19-19/ 0	30	0
2009198	Activ	09-09-19/ 4	09-17-19/ 0	30	0
2009208	Activ	09-02-19/ 69	09-06-19/ 0	30	0
2009213	Activ	09-10-19/ 67	09-16-19/ 0	30	0
2009222	Activ	10-23-19/ 60	11-04-19/ 0	30	0
2009224	Activ	10-25-19/ 60	11-06-19/ 0	30	0
2009230	Activ	10-28-19/ 60	11-07-19/ 0	30	0
2009215	Activ	10-09-19/ 77	10-21-19/ 0	30	0
2009219	Activ	10-15-19/ 27	10-24-19/ 0	30	0
2009223	Activ	10-15-19/ 60	10-25-19/ 0	30	0
2009214	Activ	10-23-19/ 36	11-01-19/ 0	30	0
2009218	Activ	10-24-19/ 69	11-05-19/ 0	30	0
2009220	Activ	10-24-19/ 36	11-04-19/ 0	30	0
2009216	Activ	10-22-19/ 30	10-31-19/ 0	36	0
2009226	Activ	10-17-19/ 30	10-28-19/ 0	36	0
2009227	Activ	09-27-19/ 27	10-08-19/ 0	30	0
2009228	Activ	09-26-19/ 27	10-07-19/ 0	30	0
2009236	Activ	09-30-19/ 27	10-09-19/ 0	30	0
2009233	Activ	10-11-19/ 77	10-23-19/ 0	30	0
2009241	Activ	10-10-19/ 77	10-22-19/ 0	30	0
2009242	Activ	10-09-19/ 77	10-21-19/ 0	30	0
2009229	Activ	10-01-19/ 60	10-11-19/ 0	30	0
2009232	Activ	09-25-19/ 60	10-07-19/ 0	30	0
2009240	Activ	09-30-19/ 60	10-10-19/ 0	30	0
2009234	Activ	10-16-19/ 60	10-28-19/ 0	30	0
2009237	Activ	10-18-19/ 60	10-30-19/ 0	30	0
2009238	Activ	10-17-19/ 60	10-29-19/ 0	30	0
2009225	Activ	10-07-19/ 10	10-17-19/ 0	30	0
2009235	Activ	10-08-19/ 10	10-18-19/ 0	30	0
2009239	Activ	10-02-19/ 60	10-14-19/ 0	30	0
2009217	Activ	10-02-19/ 60	10-14-19/ 0	30	0

Production Order	Status	PO Date	Del Date	Ordered	Delivered
2009221	Activ	10-03-19/ 10	10-15-19/ 0	30	0
2009231	Activ	10-04-19/ 10	10-16-19/ 0	30	0
2009499	Relea	11-28-19/ 76	12-16-19/ 0	30	0
2009500	Relea	12-02-19/ 76	12-18-19/ 0	30	0
2009501	Relea	11-29-19/ 76	12-17-19/ 0	30	0
2009498	Relea	11-29-19/ 39	12-13-19/ 0	8	0
81 Total					

Fuente: recuperado del sistema ERP de Oberg Costa Rica.



# APÉNDICE F. HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR PARA LAS TAREAS EXTERNAS

**PPM set up tareas externas dispositivos Constrained** PMC-OCR-080 Rev. 1

**Reminders**  Picture in column on right  Picture in following tables **T Troubleshooting**

Overview	Instructions & Explanations	Target 40 min
<b>1 Retiro de herramientas</b>		<input type="checkbox"/> 1 Carro rojo y herramientas
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tome una nueva orden de producción de rack, de acuerdo con la lista de prioridades.</li> <li>2. Cunte la cantidad de materia prima contra el plano de manufactura.</li> <li>3. Complete información de DMR.</li> <li>4. Utilizando el carro rojo y las 6 herramientas T8, T10, T12, T26 y T27 <input type="checkbox"/> 1 diríjase al Autocrib <input type="checkbox"/> 2</li> <li>5. Login de Autocrib=# empleado, # orden de producción a ejecutar.</li> <li>6. Tome las 6 herramientas y proceda con el paso 2</li> </ol>	
		<input type="checkbox"/> 2 Autocrib
		
<b>2 Sustitución de herramientas en holders.</b>		<input type="checkbox"/> 3 Haimer
	<p>2.1 Utilizando el Haimer y su respectivo PPM inicie reemplazando las herramientas de holder térmico <input type="checkbox"/> 3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicie con la herramienta T8</li> <li>• Mientras la T8 se enfría, haga, realice un cuello donde empieza el flute de 200° a la T10 en la maquina rectificadora <input type="checkbox"/> 4</li> <li>• Retire la T8 ya fría y proceda a cambiar la T10.</li> <li>• Mientras la T10 se enfría proceda a reemplazar las herramientas de holder hidráulico T12, T26 y T27.</li> <li>• Coloque de vueltas las herramientas en el carro rojo y proceda con el paso 3</li> </ul>	
		<input type="checkbox"/> 4 Rectificadora
		
<p><b>desertfire</b> Process Picture Maps (PPM®) are created under license from Desertfire Online. All Desertfire Online materials are copyrighted, duplication or use without a valid license is prohibited.</p>		

**PPM set up tareas externas dispositivos Constrained** PMC-OCR-080 Rev. 1

Overview	Instructions & Explanations	🕒 Target 40 min
<b>3 Medición de nuevas alturas.</b> 3.1 Apoyado(a) en su PPM haga uso de la máquina Zoller <input type="checkbox"/> 5 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceda a tomar las alturas de las seis herramientas.</li> <li>• Pegue en cada herramienta el sticker entregado por la Zoller después de cada medida.</li> <li>• Dirijase al puesto de trabajo con el carro rojo.</li> <li>• Proceda con el paso 4.</li> </ul>		<input type="checkbox"/> 5 Zoller. 
<b>4 Preparación de programas para tercera operación</b> 4.1 Utilizando la tarjeta MD <input type="checkbox"/> 6 y la computadora en el puesto de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Localice los programas que correspondan al modelo de Constrained a trabajar en el servidor W: Departments- Ingeniería-CNC prog- cliente-número de parte.</li> <li>• Renombre los 10 archivos bajo la codificación O20XX (XX= 01 al 10) para que pueda ser leído por el controlador Fanuc.</li> <li>• Mantenga todo en el carro rojo hasta que la CNC 4 ejes termine de ejecutar el plano actual.</li> <li>• Proceda a ejecutar el paso 5.</li> </ul>		<input type="checkbox"/> 6 Tarjera MD 
<b>5 Limpieza de línea (line clearance) y ejecución de tareas internas.</b> 5.1 Una vez terminada la orden de producción anterior <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplique la instrucción de trabajo referente a limpieza de línea para movilizar todo lo perteneciente a la orden de trabajo anterior.</li> <li>• Aplique el PPM para Constrained tarea internas dispuesto en la máquina.</li> </ul>		

! Troubleshooting	
Problema	Solución
Alguna de las herramientas necesarias no está en la Autocrib	Contacte al personal de bodega o cadena de suministros-
Autocrib no admite su usuario.	Contacte al personal de bodega o cadena de suministros.
No tiene claro cuál orden de trabajo es la próxima.	Contacte al supervisor del departamento.

**desertfire** Process Picture Maps (PPM®) are created under license from Desertfire Online. All Desertfire Online materials are copyrighted; duplication or use without a valid license is prohibited.

Fuente: elaboración propia.


# APÉNDICE G. HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR PARA LAS TAREAS INTERNAS

## INTERNAS


### PPM set up tareas internas dispositivos Constrained PMC-OCR-081 Rev. 1

Reminders		Troubleshooting	
<input type="checkbox"/> Picture in column on right	<input type="checkbox"/> Picture in following tables		
<b>Overview</b>		<b>Instructions &amp; Explanations</b>	
<b>1 Retiro de herramientas de la máquina</b>		<p><input type="checkbox"/> 1 Carro rojo y herramientas</p> 	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Utilizando el carro rojo con las 6 herramientas T8, T10, T12, T26 y T27 preensambladas en los holder. <input type="checkbox"/> 1</li> <li>Proceda a retirar de la CNC las 6 herramientas utilizadas en la orden anterior y colocando simultáneamente las herramientas nuevas en la CNC. <input type="checkbox"/> 2</li> <li>Conserve los stickers obtenidos por la Zoller.</li> <li>Diríjase al controlador Fanuc y reemplace la tarjeta DC de la orden de producción anterior por la que contiene los programas para ejecutar en la actual orden de producción.</li> <li>En el mismo controlador Fanuc, descompense el valor de la altura en las 6 herramientas cambiadas (ver primer paso) y proceda a ingresar las nuevas alturas basad(a) en los stickers impresos durante la toma de alturas en el Zoller.</li> </ol>		<p><input type="checkbox"/> 2 Sustitución de herramientas en CNC</p> 	
<b>2 Sustitución de Fixture de segunda operación.</b>		<p><input type="checkbox"/> 3 Fixture de segunda operación</p> 	
<ol style="list-style-type: none"> <li> <p>Evalúe si el fixture de segunda operación dispuesto actualmente en la máquina aplica para el modelo de la orden de producción a trabajar (el fixture tiene engravado los modelos a los que aplica) <input type="checkbox"/> 3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Si el fixture aplica para la orden de producción aplica para el modelo a trabajar proceda al paso 3.</li> <li>Si el fixture no concuerda con el modelo a trabajar, proceda a reemplazarlo con el fixture aplicable, dispuesto en su puesto de trabajo.</li> <li>Este reemplazo se ejecuta desmontando las dos ruedas móviles que están en los extremos y aflojando los dos tornillos en la cara frontal de la rueda fija.</li> <li>Aplicar el paso anterior a la inversa para colocar el nuevo fixture.</li> </ul> </li> </ol>			
<p><b>desert file</b> Process Picture Maps (PPM) are created under license from Desertfile Online. All Desertfile Online materials are copyrighted; duplication or use without valid license is prohibited.</p>			

 **PPM set up tareas internas dispositivos Constrained PMC-OCR-081 Rev. 1**

Overview	Instructions & Explanations	🕒 Target 30 min
<b>3 Colocación de materia prima.</b>		<input type="checkbox"/> 5 Primera operación. 
3.1 Coloque dos unidades de materia prima en el fixture de primera operación <input type="checkbox"/> 5 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cierre el compartimento de la máquina y proceda a ejecutar el programa mediante el controlador Fanuc.</li> <li>• Ejecute el resto de la operación de acuerdo con la instrucción de trabajo de manufactura OCR-WI-036-MPG dispuesta en su departamento.</li> </ul>		

🚨 Troubleshooting	
Problema	Solución
No localiza las ruedas del fixture para segunda operación.	Contacte a su supervisor.
No localiza la instrucción de trabajo.	Contacte a su supervisor.

 Process Picture Maps (PPM) are created under license from Desertfile Online. All Desertfile Online materials are copyrighted; duplication or use without a valid license is prohibited.

Fuente: elaboración propia.

## **GLOSARIO**

DMR: Device master record es un paquete de documentos utilizados por Oberg Costa Rica, para mantener registro de máquina, programas, operarios, materiales, instrumentos de inspección y registros de inspección involucrados en el proceso de manufactura de sus componentes médicos para mantener trazabilidad. Estos documentos son retenidos por la empresa por 55 años.

Holder: pieza metálica cilíndrica con un diámetro interior que sujeta firmemente la herramienta, la cual, a la vez, es succionada por la máquina. Se utilizan de tres tipos: térmicos, hidráulicos y mecánicos.



Haimer: Máquina controladora de temperatura que calienta los *holders* térmicos para expandir el material y, de esta manera, colocar o retirar las herramientas.



Zoller: máquina equipada con una cámara, utilizada para medir la altura real de una herramienta.



Set up: proceso llevado a cabo al inicio de cada orden de producción por el operario de la máquina en el que prepara la documentación, herramientas, programas y materia prima para manufacturar piezas.

Fixture: aditamento de una máquina utilizado para sostener o sujetar la materia prima por manufacturarse.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1. COSTO POR HORA DEL DEPARTAMENTO DE CNC

## HORIZONTAL



Valverde, Geovanny

● Rivas, Esteban

RE: Favor

**i** Follow up. Start by martes, 16 de julio de 2019. Due by martes, 16 de julio de 2019.  
You replied to this message on 16/07/2019 08:46 a. m..

Esteban,  
Este es el routing de los Constrained.  
Tiene un Set-up de 120 minutos por Job (2 horas).

El Rate actual para Horizontal es de \$38.46/ hora, el costo de cada hora de Set-up o Run time es el mismo.

CUSTOMIZED ROUTING (SUMMARIZED)													Page	: 1			
Date : 07-16-19 [10:03]													Company	: 506			
Project : 200706 P08836047													Status : Active				
Customer : 1 Oberg Industries													Start Date:				
													Compl.Dte : 07-16-19				
Jpr	Task	Descr.	Wrk Ctr	Mach.	Setup Time	Pr.Rate /[Hou]	Run Time	Man Occup	Mach. Occup.	0.Lap [%]	Extra Info	Act	Subcontr. Rate Factor	Back-Flush	Count Point	Quantity by Pull Note	No. Mts
Manufactured Item: 010001516																	
Constrained 1-2 100001_Rev0 1 pc																	
10	1056	CNC Program	A56		15	0	0.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
20	1003	TR Program	A03		30	0	0.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
30	1007	Saw/Materi	A07	A00070	0	0	2.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	Yes	No	0.0000	0
40	1017	CNC Horizo	A17	A00170	120	0	40.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
50	1059	Laser Mark	A59	A00590	10	0	4.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
60	1039	Cleaning	A39		45	0	1.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
70	1057	CNC QC	A57	A00570	15	0	7.000	1.00	1.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
80	1055	WHW Genera	A55		60	0	2.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	No	No	0.0000	0
45 MINUTOS PARA SHIPPING PROCESS																	
90	2087	Clean/Pack	B87		5	0	0.000	1.00	0.00	0.00	13210		0.0000	Yes	No	0.0000	0

Geovanny Valverde  
Quotation / Sales Coordinator

Fuente: Departamento de cotizaciones Oberg Costa Rica.

## ANEXO 2. COTIZACIÓN DE INSUMOS PARA MEJORA



Vasquez, Alejandro

Rivas, Esteban; Urbina, Nelson; Alfaro, Andres; Diaz, Jairo

21/06/

Cotización de Holder para proyecto Constrained

Follow up. Start by viernes, 21 de junio de 2019. Due by viernes, 21 de junio de 2019.

Esteban, este es el precio de cada uno de los Holder y de las boquillas que necesitamos para tener un juego listo para el set-up, esto para una maquina, me queda pasarte el dato de la herramienta que necesitaríamos customizar este dato te lo paso la siguiente semana.

Standard Shrink Fit Chuck, 6mm, CAT40	<b>Model. 40.840.06.4</b>	<b>\$223.22</b>	<b>(Utiliza 1)</b>
Power Shrink Fit Chuck, 1/2", CAT40	<b>Model. 40.844.1/2Z.3</b>	<b>\$478.33</b>	<b>(Utiliza 1)</b>
4"GAGE LENGTH 1/2 SLEEVEABLE	<b>Model. 0203653</b>	<b>\$388.44</b>	<b>(Utiliza 1)</b>
6"GAGE LENGTH 1/2 SLEEVEABLE	<b>Model. 0203657</b>	<b>\$388.44</b>	<b>(Utiliza 3)</b>
SLEEAVE DIAMETER 6MM	<b>Model. 217384</b>	<b>\$144.89</b>	<b>(Utiliza 2)</b>
SLEEAVE DIAMETER .250"	<b>Model. 217378</b>	<b>\$80.00</b>	<b>(Utiliza 2)</b>

Saludos!

Alejandro Vasquez



Fuente: Departamento de CNC Horizontal Oberg Costa Rica.