

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

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

**NUEVO PARADIGMA DE MANUFACTURA
CELULAR POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA
LEVEL UP, EN TRIMPOT ELECTRÓNICAS
LTDA. EN LA ASUNCIÓN DE BELÉN, HEREDIA**

TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019

Sustentante:

Beatriz Fernández Murillo

Tutor:

Ing. Oscar Chavarría Calderón

Heredia, marzo 2020

DECLARACIÓN JURADA

Yo Beatriz Fernández Murillo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 204960043 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente aperebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Nuevo Paradigma de Manufactura Celular por medio de la herramienta Level up, en Trimpot Electrónicas LTDA. en la Asunción de Belén, Heredia en el tercer 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 4 días del mes de Marzo del año dos mil 20.



Firma del estudiante

Cédula 204960043

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 03 de marzo de 2020.

Sres.
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Estimados señores:

La estudiante BEATRIZ FERNÁNDEZ MURILLO, cédula de identidad número 204960043, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *"NUEVO PARADIGMA DE MANUFACTURA CELULAR POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA LEVEL UP, EN TRIMPOT ELECTRÓNICAS LTDA, EN LA ASUNCIÓN DE BELÉN, TERGER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2019"*, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		95

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

Atentamente,

OSCAR ALBERTO
CHAVARRIA
CALDERON (FIRMA)

Firmado digitalmente por
OSCAR ALBERTO CHAVARRIA
CALDERON (FIRMA)
Fecha: 2020.03.03 17:56:54
-06'00'

ING. ÓSCAR ALBERTO CHAVARRÍA CALDERÓN
CÉDULA 109650295, CARNET # II-31443

CARTA DEL LECTOR

San José, 18 de Abril de 2020

Señores
Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Beatriz Fernández Murillo, cédula de identidad 2-0496-0043, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "NUEVO PARADIGMA DE MANUFACTURA CELULAR POR MEDIO DE LA HERRAMIENTA LEVEL UP, EN TRIMPOT ELECTRÓNICAS LTDA. EN LA ASUNCIÓN DE BELÉN, HEREDIA", el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo al planteamiento de las propuestas y la estructura del documento. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,



Johan Castro Vásquez
Cédula 1-1228-0842

CARTA DEL FILÓLOGO

San José, 30 de abril de 2020

Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana
Sede de Heredia

A quien corresponda

Estimados señores/as:

Por este medio hago constar que he completado con éxito la revisión filológica del trabajo final de graduación titulado *Nuevo paradigma de manufactura celular por medio de la herramienta Level Up, en Trimpot Electrónicas Ltda. en La Asunción de Belén, Heredia*, de la autoría de Beatriz Fernández Murillo, para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Honrado por la distinción de esta oportunidad de servirles, cordialmente,



Óscar Aguilar Sandi

Filólogo - Asesor Lingüístico

Céd. 1-1044-0688

Carné del Colegio de Licenciados y Profesores en Letras # 026682

CARTA DE AUTORIZACIÓN

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN

San José, 15 de junio de 2020


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Beatriz Fernández Murillo con número de identificación 2-0496-0043_ autor (a) del trabajo de graduación titulado Nuevo Paradigma de Manufactura Celular por medio de la Herramienta Level Up, en Trimpot Electrónicas LTDA presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; ~~(S)~~ / NO 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,


20496-0043
Firma y Documento de Identidad

DEDICATORIA

Este esfuerzo se lo dedico primeramente a Dios, por darme la fuerza cada día para salir adelante y luchar por mis sueños.

A mis tres tesoros: Angie, Andrés y Kristel, y a mi madre, que fueron mi motor y soporte para llevar a cabo este proyecto.

A mi amado Eduardo, por ayudarme a buscar siempre la mejor versión de mí misma, por toda su paciencia durante este proceso y por todo su amor y entrega.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme fortaleza y sabiduría para salir adelante y por todas las bendiciones que recibo de Él cada día.

A todos los compañeros de ensamble final Trimmers en la empresa Trimpot Electrónicas, operarios, supervisores de producción y servicios técnicos, manufactura, en especial al coordinador de producción Rodney Ramírez, por su confianza y oportunidad de participar en el proyecto Level Up.

A mi tutor Ing. Oscar Chavarría por su paciencia, su guía y buen acompañamiento durante el proceso.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA	I
CARTA DEL TUTOR.....	II
CARTA DEL LECTOR.....	III
CARTA DEL FILÓLOGO	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	XXI
RESUMEN EJECUTIVO	XXII
CAPÍTULO I	24
INTRODUCCIÓN	24
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	25
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	26
1.2.1 Descripción general de la compañía.....	26
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	31
1.3.1 Definición de problema	31

1.3.2	Justificación	32
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
1.4.1	Objetivo general.....	33
1.4.2	Objetivos específicos	33
1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	33
1.5.1	Alcances	33
1.5.2	Limitaciones.....	34
CAPÍTULO II		36
MARCO TEÓRICO.....		36
2.1	MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	37
2.1.1	Ingeniería Industrial	37
2.1.2	Productividad.....	38
2.1.3	Eficiencia	40
2.1.4	Efectividad	40
2.1.5	Capacidad de diseño	41
2.1.6	Capacidad efectiva	41
2.1.7	Utilización	42
2.1.8	Manufactura celular	42
2.1	MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	43
2.1.1	Metodología DMAIC.....	43
2.1.1.1	SMED (single minute exchange of die).....	46
2.1.1.2	TPM (total productive maintenance).....	47
2.1.1.3	Diagrama de flujo.....	47

2.1.1.4 Estudio de tiempos.....	49
2.1.1.5 Diagrama de Pareto	52
2.1.1.6 Diagrama de Ishikawa.....	54
2.1.1.7 Lluvia de ideas	56
2.1.1.7.1 ¿Cuándo se utiliza?.....	56
2.1.1.7.2 Permite lo siguiente:.....	57
2.1.1.7.3 ¿Cómo se utiliza?.....	57
2.1.1.7.4 No estructurada (flujo libre)	57
2.1.1.7.5 Estructurada (en círculo)	58
2.1.1.7.6 Silenciosa (tormenta de ideas escrita)	59
2.2 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	59
2.2.1 Entre los beneficios esperados se pueden mencionar:.....	60
2.3 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES....	61
CAPÍTULO III	66
MARCO METODOLÓGICO	66
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	67
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO.....	69
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.	69
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	71
3.4.1 Ciclo de Deming.....	71

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	74
CAPÍTULO IV	79
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	79
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	80
4.2 MAPEO DEL PROCESO (DESCRIPCIÓN DE UN POTENCIÓMETRO).....	82
4.2.1 Algunas aplicaciones de los potenciómetros a nivel exterior son:	82
4.2.2 Aplicaciones del potenciómetro en Trimpot Electrónicas:.....	83
4.2.3 Funcionamiento del potenciómetro	83
4.2.4 Descripción general de modelos en el área de ensamble final de Trimpot Electrónicas:	84
4.2.5 Modelos de líneas automáticas de alto volumen:	85
4.2.5.1 Modelo 3386.....	85
4.2.5.2 Modelo 3296.....	86
4.2.5.3 Modelo 3262 familia	87
4.2.5.4 Modelo 3362.....	88
4.2.5.5 Modelo 3224 GJ	89
4.2.5.6 Modelo 3224 WX.....	90
.....	90
4.3 COMPONENTES QUE SE UTILIZAN EN EL ENSAMBLAJE DE UN POTENCIÓMETRO 3296.....	91
4.3.1 Cada uno de los componentes que conforman un potenciómetro 3296 se muestra en la figura 22. A continuación, se explican detalladamente:	92

4.4 FLUJO DEL PROCESO DEL MODELO 3296, CELDA PILOTO	92
4.4.1 Flujo del proceso del modelo 3296 celda piloto	93
4.4.2 A continuación, se detallará cada una de las operaciones que lo conforman:.....	94
4.4.2.1 Recibo de material:	94
4.4.2.2 Plasma:	94
4.4.2.3 Configuración de SP:.....	94
4.4.2.4 Lubricación del housing.....	95
.....	95
4.4.2.5 Instalar el rotor y lubricar el contacto:.....	96
4.4.2.6 Instalar el elemento y asentamiento:	96
4.4.2.7 Puntos UV:	97
4.4.2.8 Posformación de los pines del elemento:	97
4.4.2.9 Testeo estático:	98
4.4.2.10 Pintura del housing:.....	98
4.4.2.11 Epoxi:.....	99
.....	99
4.4.2.12 Horno:.....	99
4.4.2.13 Shaft insert o inserción del eje:.....	100
4.4.2.14 Empaque, pegado de label e inspección 100% visual.....	101
4.4.2.15 Inspección visual y eléctrica de Control de Calidad:.....	101
4.4.2.16 Shipping o bodega de producto terminado:	102
4.5 ANÁLISIS DE CAPACIDAD EFECTIVA DEL PERIODO QUE COMPRENDE DE ENERO HASTA OCTUBRE DEL 2019.....	102

4.6 ANÁLISIS DE PROGRAMACIÓN SEMANAL DE ENSAMBLE FINAL	103
.....	105
4.7 ANÁLISIS DEL TIEMPO TOTAL DISPONIBLE DE LAS LÍNEAS AUTOMÁTICAS VS. TIEMPO TOTAL DE INCIDENCIAS	106
4.8 ANÁLISIS DEL TOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN EL MODELO 3296, CELDA PILOTO	115
4.9 ANÁLISIS DE LOS MAYORES CONTRIBUYENTES DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN EL MODELO 3296, CELDA PILOTO	116
4.9.1 Tiempos de descansos del operador:	118
4.9.2 Arranque y cierre de turno:	119
4.9.3 Cambio de materiales y cambio de configuración	120
4.9.4 Coloca mal el rotor	123
4.9.5 Falta de operario (ausentismo)	124
4.9.6 Housing pegado en la guía de track y housing vuelto:	125
CAPÍTULO V	126
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	126
5.1 PROPUESTAS DE MEJORA	127
5.1.1 En los siguientes puntos se detalla por qué en algunos casos se complementan las causas trabajadas:	129
5.1.2 Tiempos de descanso del operador y falta de operario:	130
5.1.2.1 Análisis de costo-beneficio:	131
5.1.3 Arranque y cierre de turno	137
5.1.3.1 Análisis de costo-beneficio	139

5.1.4 Cambios de configuración y cambios de materiales	145
5.1.4.1 Estandarizar cambios en las SP:.....	145
5.1.4.2 Creación de matriz de tiempos en los cambios de configuración:	148
5.1.4.3 Creación de matriz de modificaciones y ajustes en los cambios de configuración:	149
5.1.4.4 Análisis costo-beneficio	152
5.1.5 Mejoras para eliminar reportes por colocar mal el rotor:.....	160
5.1.5.1 Análisis de costo-beneficio	164
5.1.6 Mejora para eliminar reportes por housing pegado en guía de track y housing vuelto:.....	168
5.1.6.1 Análisis de costo-beneficio	170
5.1.7 Resumen de análisis costo-beneficio general de todas las propuestas de mejora.....	174
CAPÍTULO VI	178
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	178
6.1 CONCLUSIONES GENERALES	179
6.2 RECOMENDACIONES	181
BIBLIOGRAFÍA	182
GLOSARIO.....	184
ANEXOS	185
ANEXO 1	186
ANEXO 2.....	187

ANEXO 3.....	189
ANEXO 4.....	191
ANEXO 5.....	193
ANEXO 6.....	195
ANEXO 7.....	196
ANEXO 8.....	198
ANEXO 9.....	200

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	81
TABLA 2	103
TABLA 3.....	104
TABLA 4	107
TABLA 5	108
TABLA 6	109
TABLA 7.....	110
TABLA 8.....	111
TABLA 9	112
TABLA 10	113
TABLA 11	115
TABLA 12	116
TABLA 13.....	128
TABLA 14	131
TABLA 15	133
TABLA 16	136
TABLA 17	137
TABLA 18.....	139
TABLA 19	140
TABLA 20	141
TABLA 21	143
TABLA 22	144

TABLA 23	152
TABLA 24	154
TABLA 25	155
TABLA 26	156
TABLA 27	157
TABLA 28	158
TABLA 29	164
TABLA 30	165
TABLA 31	166
TABLA 32	167
TABLA 33	170
TABLA 34	171
TABLA 35	172
TABLA 36	173
TABLA 37	174
TABLA 38	175
TABLA 39	176

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	29
FIGURA 2	43
FIGURA 3	48
FIGURA 4	50
FIGURA 5	51
FIGURA 6	52
FIGURA 7	53
FIGURA 8	55
FIGURA 9	68
FIGURA 10	74
FIGURA 11	75
FIGURA 12	76
FIGURA 13	77
FIGURA 14	83
FIGURA 15	84
FIGURA 16	85
FIGURA 17	86
FIGURA 18	87
FIGURA 19	88
FIGURA 20	89
FIGURA 21	90
FIGURA 22	91

FIGURA 23.....	93
FIGURA 24.....	95
FIGURA 25.....	95
FIGURA 26.....	96
FIGURA 27.....	96
FIGURA 28.....	97
FIGURA 29.....	98
FIGURA 30.....	99
FIGURA 31.....	100
FIGURA 32.....	101
FIGURA 33.....	105
FIGURA 34.....	114
FIGURA 35.....	117
FIGURA 36.....	121
FIGURA 37.....	123
FIGURA 38.....	125
FIGURA 39.....	135
FIGURA 40.....	142
FIGURA 41.....	145
FIGURA 42.....	147
FIGURA 43.....	148
FIGURA 44.....	150
FIGURA 45.....	151
FIGURA 46.....	160

FIGURA 47	161
FIGURA 48	162
FIGURA 49	163
FIGURA 50	168
FIGURA 51	169
FIGURA 52	186
FIGURA 53	188
FIGURA 54	190
FIGURA 55	192
FIGURA 56	194
FIGURA 57	195
FIGURA 58	197
FIGURA 59	199
FIGURA 60	201

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

B/C: beneficio/costo

DMAIC: *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)

NP: número de parte

OEE: *overall equipment effectiveness* (eficiencia general de los equipos)

SIM: sistema de información de manufactura

SMED: *single-minute exchange of die* (cambio de troqueles en menos de diez minutos)

TPM: *total productive maintenance* (mantenimiento productivo total)

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se realizó en la Empresa Trimpot Electrónicas Ltda., la cual se dedica al desarrollo de los dispositivos electrónicos conocidos como “potenciómetros”, con altos estándares de calidad. Está ubicada en La Asunción, San Antonio de Belén, Heredia. Tiene como objetivo principal aumentar la capacidad efectiva en el área de Producción, identificando, analizando y proponiendo mejoras en el proceso por medio de la aplicación del proyecto Level Up, el cual es un programa de mejoramiento que se enfoca en la aplicación de herramientas como manufactura celular, TPM, SMED, *cross training*, etc. cuyo objetivo fundamental está localizado en aumentar la capacidad efectiva. El alcance fue en el área de ensamble final Trimmers en las líneas automáticas de mayor volumen, y escogiendo como celda piloto al modelo 3296.

Asimismo, el proyecto fue realizado mediante la metodología DMAIC, a partir del diagnóstico de la situación actual, donde se encontraron varios factores que intervenían en el aumento de la capacidad efectiva, tales como: tiempo de descanso del operario –lapsos de los que el personal dispone para desayunar, almorzar o cenar–, falta de operario –se presenta cuando hay ausentismo de personal, ya sea por incapacidad o por cualquier otra situación–, arranque y cierre de turno –es el *setup* o preparación de los equipos en el inicio y final de cada turno–, cambios de configuración y cambio de materiales –estos se dan cuando se deben modificar los diferentes estilos de productos de acorde con la programación semanal–, mala colocación del rotor –se refiere al tiempo caído del equipo en la estación del instalado del rotor–, *housing* vuelto y *housing* pegado en la guía de *track* –también se da por tiempo caído del equipo en

dicha estación de alimentación e instalado del *housing* o caja de alojamiento—. En la figura 22 se encuentra la descripción de cada una de las partes que componen un potenciómetro.

Al realizar la etapa de medición, se utilizaron diferentes herramientas ingenieriles tales como análisis Pareto, medición de tiempos, etc. Como parte de las mejoras planteadas, se proponen mejoras en los equipos, mejora en el tiempo estándar por hora de operación y entrenamiento cruzado. En base a lo anterior se puede deducir que por cada unidad monetaria invertida tendrá un retorno de capital o ganancia de \$47.

Cuando el cociente que resulta de dividir la sumatoria de los ingresos (beneficios brutos) entre la sumatoria de los costos de inversión en las propuestas de mejoras, actualizados a una tasa de interés fijo de un 10%, es mayor a 1, el valor de los beneficios es mayor que los costos del proyecto, por lo cual la relación beneficio/costo del proyecto es aceptable para llevarlo a cabo.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto consiste en generar una propuesta de mejora para incrementar la capacidad efectiva de los equipos del área de producción de ensamble final en la compañía Trimpot Electrónicas Ltda. Se trata de una empresa de capital extranjero conocida internacionalmente como Bourns Inc., líder en componentes y soluciones para circuitos de movimiento, protección y condicionamiento en los mercados automotriz, de consumo industrial, médico y telecomunicaciones.

Durante los últimos tres años la empresa ha logrado elevar la capacidad efectiva de 60% a 65 % gracias a la implementación de diversas iniciativas como OEE, círculos de calidad, monitores, reuniones *tiers* y estandarización de criterios. Bajo este contexto, la organización ha considerado dar otro salto en la mejora de la capacidad efectiva a través de la implementación de un nuevo conjunto de herramientas.

La línea de investigación de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UH que responde a la investigación de la propuesta de mejora de este proyecto es la de Operaciones Industriales, ya que este trabajo se relaciona con la mejora y la optimización de la productividad, el estudio de tiempos de las operaciones, el análisis de la capacidad de los procesos y el análisis de tiempos.

A manera de resumen, los principales puntos a resaltar del contexto en el cual se desarrolla este proyecto pueden puntualizarse de la siguiente manera:

- Dadas las mejoras obtenidas en los últimos tres años, la empresa apuesta por incremento en la capacidad efectiva. Se plantea un aumento en la capacidad efectiva de la operación que actualmente está en 65%.
- El proyecto aprovechará la aplicación de herramientas como manufactura celular, mantenimientos totales productivos, entrenamientos cruzados, lotes económicos, análisis de tiempos y movimiento, y reducción de los tiempos de preparación de los equipos (SMED).
- Aunque la propuesta abarca toda la operación de ensamble final de la planta, el enfoque se concentrará solamente en las líneas de mayor volumen de producción.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.2.1 Descripción general de la compañía

La empresa Bourns se fundó en California, EE. UU., en el año 1947, por los señores Marlan y Rosemary Bourns. Actualmente, el Presidente Ejecutivo es Gordon Bourns, hijo de los fundadores. La compañía se creó con una simple filosofía: “Proveer productos de alta calidad, servicio responsable y con un alto grado de valor para los clientes”. Estas ideas son aún los puntos de referencia de Bourns, nombre corporativo a nivel mundial.

El matrimonio Bourns comenzó en un pequeño garaje, en Altadena, California. Su idea era proveer un método para determinar con precisión la altura de una aeronave, con el fin de resolver un problema crucial para los pilotos. Con la invención del primer alineador en movimiento en miniatura y potenciómetros de posición, llevaron su pequeño negocio a ser una corporación mundial, lo cual propició la fabricación de una gama de productos que impactó en casi todos los aspectos de la industria electrónica de hoy.

Desde sus primeros días, Bourns Inc. establece un punto de referencia en la calidad, valor e innovación. En 1952, patenta en el mundo el primer potenciómetro de recorte, de la marca registrada Bourns, dedicada a la excelencia continua y a asegurar la mejora de sus productos y servicios para satisfacer las necesidades de sus clientes en un nivel mundial.

La compañía, con sede en Riverside, California, tiene instalaciones en tres continentes: en América tiene sedes en Estados Unidos, Costa Rica y México; en Europa se localiza en Alemania, Hungría y Reino Unido, y en Asia se ubica en Taiwán, China y Japón. Ha ido creciendo a través del desarrollo de nuevos productos y tecnologías, así como en adquisiciones.

En Costa Rica inició labores a partir del año 1979 en los altos de la Ferretería La Esperanza, en San Antonio de Belén. Posteriormente, la compañía se traslada a La Asunción de Belén, el 1° de marzo de 1980. Trimpot Electrónicas Ltda., llamada así en Costa Rica desde el año 2004, amplía sus instalaciones con la apertura de un edificio de 7500 m².

Las líneas de productos incluyen: potenciómetros de precisión, controles de panel, codificadores, resistencia/condensador de redes, resistencias de chip/matrices, inductores, transformadores, fusibles reajustable, protectores de sobretensión; base de tiristores, resistencias de línea de alimentación, protectores de teléfono de la estación, protectores de cinco pines, señal de industria, irrigadores y protectores de petróleo, protectores para cables coaxiales, protectores de señal de datos, divisores de interiores y exteriores POT, dispositivos de interfaz de red y circuitos integrados.

Bourns Inc. ofrece una amplia gama de productos para distintos mercados incluidos las telecomunicaciones, informática, industrial, instrumentación, automotriz, consumo, audio y médicos.

Misión

Ser el líder internacional de clase mundial enfocado en componentes electrónicos pasivos, módulos, sensores, proporcionando soluciones innovadoras y relaciones en un mercado global.

Visión

Buscar la total satisfacción de los clientes en una base mundial, al mismo tiempo que logra un crecimiento firme con productos tecnológicos de diseño innovador, de calidad superior y de valor excepcional.

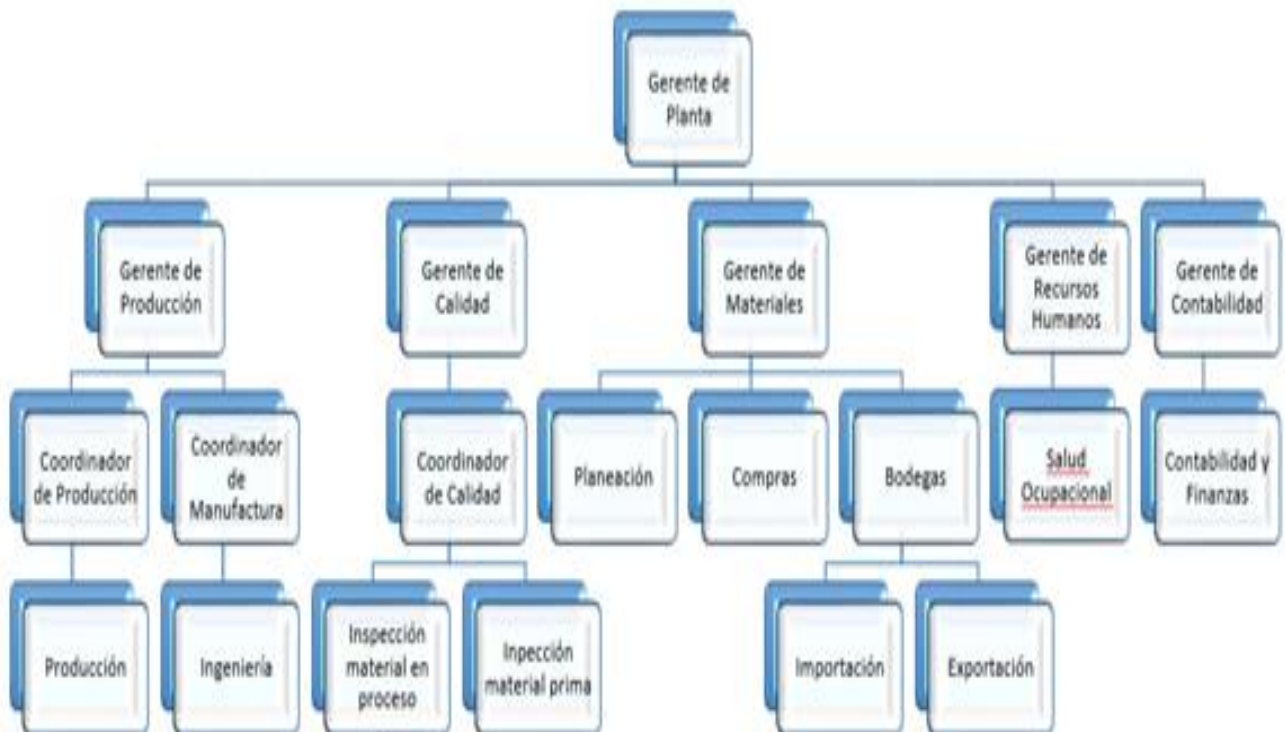


FIGURA 1

Organigrama de la empresa Trimpot Electrónicas Ltda.

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Trimpot Electrónicas (2019).

La figura 1 muestra el organigrama de la empresa Trimpot Electrónicas, el cual está estructurado de la siguiente manera:

- Gerente de planta (José Salazar).
- Gerente de Producción (Rodoy Muñoz) y coordinador de Producción (Rodney Ramírez), coordinador de Manufactura (Andrés Zúñiga), Producción e Ingeniería.
- Gerente de Calidad (Daniel Martínez) y coordinador de Calidad (Guillermo Thompson), Inspección de Materiales en Proceso e Inspección de Materia Prima.
- Gerente de Materiales (Mary Ann Roquett), departamento de Planeación (Oscar Rodríguez), departamento de Materiales (Paula Moya) y departamento de Bodegas (Alejandra Zamora), que está subdividido en Importación y Exportación.
- Gerente de Recursos Humanos (José María Quirós) y departamento de Salud Ocupacional (Juan Carlos Valverde).
- Gerente de Contabilidad (Alex Watson) y departamento de Contabilidad y Finanzas.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Definición de problema

Históricamente la capacidad efectiva esperada de la planta ha sido del 65%, y para poder cumplir con dicha expectativa se hicieron varios esfuerzos, pero se generaron varios costos por sobretiempos, entregas tardías o turnos adicionales. No es sino hasta finales del 2018 que efectivamente se logra el 65% de eficiencia (capacidad efectiva).

Se observó una oportunidad de mejora, con base en los resultados logrados con varias iniciativas que han impactado la operación de manera favorable. Es con este espíritu que se determina implementar el proyecto Level Up.

El proyecto Level Up es un programa de mejoramiento que se enfoca en la aplicación de herramientas como manufactura celular, TPM, SMED, *cross training*, etc. cuyo objetivo fundamental está localizado en aumentar la capacidad efectiva del área de ensamble final Trimmers.

Dicho programa se aplicará como prueba piloto en una celda del área automática, y con base en los resultados que se logren en dicha implementación se aplicará para el resto de los procesos de ensamble final Trimmers.

1.3.2 Justificación

Este proyecto se justifica desde sus implicaciones prácticas, ya que contribuye a que la empresa Trimpot Electrónicas pueda elevar su capacidad efectiva.

La realización de un proyecto de mejora en ensamble final Trimmers tendría un impacto positivo, ya que logrando minimizar los tiempos de cambios y de *setup* de equipo, y eliminando los tiempos muertos en los equipos de mayor volumen, se lograría aumentar la productividad y además se daría un aprovechamiento efectivo del personal en otras áreas maximizando el recurso humano por medio de entrenamientos cruzados.

Actualmente la capacidad efectiva es de un 65%. Estos beneficios harán que la compañía sea más competitiva y desarrolle un producto de calidad más rápido y a un menor costo.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Elevar la capacidad efectiva del área de ensamble final Trimmers en el proceso de las líneas de mayor volumen, por medio del proyecto Level Up.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar cómo está compuesta el área de Producción en ensamble final de la empresa Trimpot Electrónicas.
- Analizar los datos históricos de las líneas de producción más significativas en ensamble final.
- Implementar el programa Level Up con un enfoque en la aplicación de herramientas, dirigido a mejorar la capacidad efectiva actual.
- Realizar un estudio costo-beneficio de la implementación del programa propuesto en la celda piloto modelo 3296.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

Este proyecto en ensamble final se limitó principalmente a las líneas de mayor volumen del área de Trimmers de la empresa Trimpot Electrónicas Ltda., ubicada en La Asunción de Belén, Heredia.

La implementación de este proyecto permite hacer uso de herramientas de manufactura celular con el fin de disminuir el tiempo de algunas actividades que se hacen dentro del proceso y que son necesarias, como los cambios de lotes o números de parte, *setups* y tiempos muertos durante los recesos del personal operativo.

Para esto, el proyecto abarcó únicamente las líneas de mayor volumen de potenciómetros debido a que representan el 73% de la producción (se excluyeron las líneas manuales y semiautomáticas).

El proyecto se desarrolló en las fechas que comprenden del 1 de agosto al 30 de diciembre del 2019. Sin embargo, el proceso de las propuestas e implementación de las mejoras se llevarán a cabo entre el primero y segundo cuatrimestre del 2020, en una celda de las líneas de mayor volumen como celda piloto para el proyecto, y después se abarcará el resto de las líneas.

1.5.2 Limitaciones

Algunas de las limitaciones que surgieron para la realización de este proyecto son las siguientes:

- Las líneas de alto volumen están expuestas a cambios repentinos en la demanda, y el impacto de las mejoras puede aumentar o disminuir según la demanda.
- Una de las limitaciones fue la frecuencia con que se daban los cambios de lotes o números de parte. Los cambios de lotes se hacen cada vez que los operarios terminan una corrida de un número de parte o lote completo. Esto representa una limitante porque en cada una de las líneas de mayor volumen (8 en total) según el

mix de producción (muchas variedades de productos que ofrece la empresa), se pueden generar varios cambios de forma simultánea entre las diferentes líneas.

- Otra limitación fue la inexistencia de presupuesto para hacer mejoras a nivel de equipos por parte de servicios técnicos que puedan mejorar la duración de los cambios de números de parte.
- El tiempo para ver los avances del proyecto con el jefe era muy escaso.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

En esta sección se detallan los conceptos teóricos que sustentan el proyecto, el cual busca mejorar la capacidad efectiva mediante la aplicación de varias herramientas enfocadas en la duración de los cambios de lotes o números de parte, tiempos muertos de la parte operativa y *setups* en las líneas de mayor volumen.

Por lo tanto, analizar sus procesos en busca de oportunidades de mejora es parte del día a día de todas las empresas para optimizar sus indicadores de productividad.

2.1.1 Ingeniería Industrial

De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, la ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad. Con base en esta definición, se considera que la ingeniería no es una ciencia, sino una aplicación de la ciencia. Como la mayoría de las profesiones, es más un arte que una ciencia, ya que no basta estudiar ingeniería en cualquiera de sus ramas para ser un buen ingeniero. Hay que tener juicio y habilidad

para aplicar los conocimientos científicos en la solución de problemas de la vida diaria (Baca, 2014).

El objetivo principal de la Ingeniería Industrial es el mejoramiento continuo de sistemas productivos de bienes y servicios compuestos por recursos humanos, tecnológicos, financieros, económicos, materiales y de información; con el fin de incrementar la productividad, tener competitividad e innovación en las empresas.

Algunas de sus principales actividades son las siguientes:

- Recolectar y analizar datos de los procesos.
- Determinar los requerimientos del proceso de producción o prestación del servicio.
- Diseñar métodos de trabajo eficientes.
- Supervisar procesos.
- Liderar equipos de trabajo.
- Planificar la producción o prestación de un servicio.

2.1.2 Productividad

El concepto de productividad implica la interacción entre los distintos factores del lugar de trabajo. Mientras que la producción o resultados logrados pueden relacionarse con muchos insumos o recursos diferentes, en forma de distintas relaciones de productividad, cada uno de los distintos índices de productividad se ve afectado por una serie combinada de muchos factores importantes. Estos incluyen la calidad y disponibilidad de los insumos, la escala de las operaciones y el porcentaje de

utilización de la disponibilidad y capacidad de producción de la maquinaria principal, la actitud y el nivel de capacidad de la mano de obra, y la motivación y efectividad de los administradores. La forma en que estos factores se relacionan entre sí tienen un importante efecto sobre la productividad resultante, medida según cualquiera de los muchos índices de que se dispone (Lefcovich, 2009).

Se puede entender por “productividad” la relación que existe entre la cantidad de productos obtenidos en un proceso productivo y los recursos necesarios para obtenerlos. Más específicamente, consiste en las horas pagadas por la mano de obra directa. Es decir:

Productividad= Horas pagadas/Unidades producidas.

En el entorno de la manufactura, rápidamente se asocia la palabra “productividad” con la cantidad de unidades completadas en relación con el tiempo de trabajo invertido. Por ejemplo, si en un día de trabajo de 8 horas se ensamblaron 15 piezas, la productividad puede calcularse al dividir 15 entre 8; esto da como resultado 1,87. Quiere decir que por cada hora de trabajo invertido se ensamblaron 1,87 piezas.

El valor obtenido como resultado no tiene significado si no se cuenta con un índice para hacer una comparación. Es elemental entender que, por cada hora de trabajo invertida, se ensamblaron 1,87 piezas, y corresponde determinar si es un valor aceptable para el proceso o no.

La productividad tiene una relación directa con la mejora continua. El objetivo del ingeniero debe ser mejorar dicho indicador en cualquiera de las siguientes maneras:

- Aumentar la producción utilizando los mismos insumos.

- Mantener el nivel de producción utilizando menos insumos.
- Aumentar la producción utilizando menos insumos.

Es fundamental examinar la tendencia de la compañía en lo que respecta a la productividad, realizando comparaciones de resultados en diferentes periodos de tiempo. Esto con el fin de establecer todos los cambios que sean necesarios a fin de mejorar el trabajo, aumentando la productividad y haciendo que la compañía sea más rentable.

2.1.3 Eficiencia

“Producción real como porcentaje de la capacidad efectiva” (Heizer, 2006).

La eficiencia es solo una condición necesaria, pero no suficiente, para lograr ser productivo, que en combinación con la efectividad se complementa para alcanzar la productividad (Lefcovich, 2009).

La eficiencia es la proporción de los resultados obtenidos en relación con los estándares de resultados prescritos.

2.1.4 Efectividad

La efectividad, en cambio, es el grado en que se logran metas u objetivos de interés para la empresa. Significa definir las metas u objetivos pertinentes y después alcanzarlos. Se puede ser muy eficiente sin ser productivo. Dicho de otra forma, para ser productivo hay que ser a la vez efectivo y eficiente, en ese orden (Lefcovich, 2009).

Siguiendo este planteamiento, la empresa lo que busca es ser productiva haciendo un balance de todos estos aspectos; por lo tanto, como parte de sus actividades está desarrollar proyectos de mejora continua que le permitan generar un mayor rendimiento en sus procesos a través de las aplicaciones de diversas herramientas, como estudio de tiempos y diseño de métodos.

2.1.5 Capacidad de diseño

La capacidad de diseño es la máxima producción teórica que se puede obtener de un sistema en un tiempo determinado en condiciones ideales. La mayoría de las organizaciones utilizan sus instalaciones a un ritmo mucho más inferior al de su capacidad proyectada. Esto se debe a que han descubierto que pueden trabajar de forma más eficiente sin forzar sus recursos hasta el límite (Heizer, 2006).

La capacidad de diseño es la máxima expectativa teórica que una organización proyecta en condiciones ideales de su proceso. Pero en el ritmo normal de producción, sus resultados son inferiores a su capacidad total proyectada.

2.1.6 Capacidad efectiva

La capacidad es la producción o número de unidades que pueden caber, recibirse, almacenarse o producirse en una instalación en un determinado periodo de tiempo (Heizer, 2006).

La capacidad efectiva es la capacidad que un sistema puede lograr dada su combinación de producción, métodos de programación, mantenimiento y estándares de calidad (Heizer, 2006).

Dicho de otro modo, la capacidad efectiva es la capacidad que un proceso puede obtener de acuerdo a los resultados de sus procesos, métodos, equipo, estándares de producción, programaciones, todos combinados entre sí.

2.1.7 Utilización

La utilización es la proporción del tiempo disponible (generalmente expresado como un porcentaje) que un equipo o sistema está operando (Heizer, 2006).

Es el tiempo de disponibilidad del equipo que se encuentra en un proceso productivo. Dicho de otro modo, es la relación entre producción real y capacidad de diseño.

2.1.8 Manufactura celular

Manufactura celular es un concepto en el que la distribución de la planta mejora significativamente haciendo que la producción fluya de forma fluida entre cada una de las diferentes operaciones, reduciendo el tiempo de respuesta, maximizando la versatilidad y haciendo que cada empleado realice varias operaciones (Soconini, 2019). Consiste en agrupar máquinas y operaciones de forma secuencial, donde se pueda fabricar un producto desde su inicio hasta el final, evitando al máximo los recorridos innecesarios, eliminando los excesos de inventarios en el proceso; logrando así que la producción fluya continuamente (Soconini, 2019).

Dicho en otras palabras, la manufactura celular busca centralizar un proceso para que este tenga un flujo continuo y de forma secuencial, disminuyendo en gran

medida todas aquellas actividades que son necesarias en el proceso pero que se hagan en un tiempo prudencial, para que no afecten la productividad. Además, elimina los recorridos innecesarios y hace un aprovechamiento del recurso humano donde se logre desarrollar su versatilidad por medio de entrenamientos cruzados.

2.1 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.1.1 Metodología DMAIC

El proceso de aplicación de la filosofía Seis Sigma, en general, sigue un esquema o ciclo definido como DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) por sus siglas en inglés, que quieren decir: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

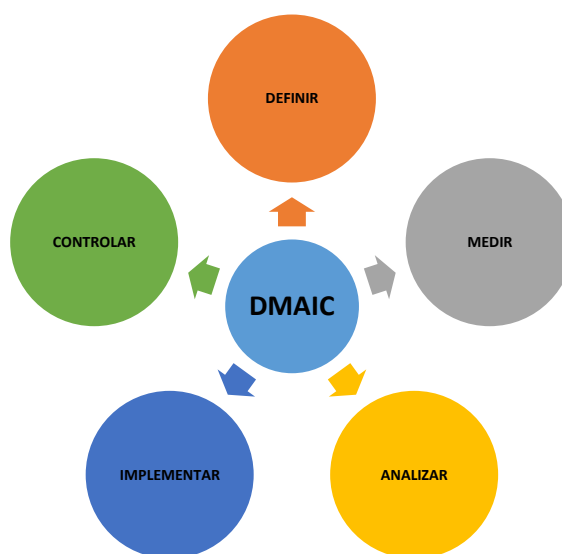


FIGURA 2

Estructura de la metodología DMAIC

Fuente: Elaboración propia (2019).

Este esquema conforma un proceso estructurado en cinco fases en las que se desarrollan técnicas y herramientas estadísticas que llevan al cumplimiento de los objetivos del proyecto (Pérez, 2013).

La estructura del ciclo DMAIC, como se muestra en la figura 2, está compuesta por las siguientes etapas:

- **Definir:** Es la fase crítica para el éxito de un proyecto, pues este depende de una adecuada identificación y selección. Los criterios iniciales para la selección del proyecto de mejora deben permitir que estos tengan impacto en los clientes, produzcan algunos ahorros cuantificables, sean sencillos en su selección y no requieran de inversiones elevadas.

Es necesario identificar las características críticas de calidad, las cuales pueden estar relacionadas con las necesidades o expectativas de los clientes, o también con la naturaleza del producto o proceso. También se deben identificar los problemas que presenta la compañía y comprobar la correlación entre las características críticas de calidad y los problemas que presenta la compañía.

- **Medir:** Durante esta fase se mide el desempeño, se traza el plan de recolección de los datos y se establecen las hipótesis de causa-efecto. Las características críticas de calidad se ponen a prueba en esta etapa mediante el uso de herramientas estadísticas, para cuantificarlas con los problemas identificados y finalmente elegir la característica crítica de calidad adecuada para desarrollar el proyecto de mejora.

- **Analizar:** En esta tercera fase del ciclo se busca la causa raíz del problema. Se busca cómo eliminar la brecha entre el desempeño actual y el nivel de rendimiento deseado. Se lleva a cabo el análisis de la información recolectada y oportunidades de mejora; esto implica descubrir qué defectos se generan mediante la identificación de variables clave de entrada que afectan las variables de respuesta del proceso.
- **Mejorar:** En esta fase del ciclo se define un plan de acción enfocado a atacar las causas raíz, proponiendo cambios en el proceso que se ve afectado por ellas. Una vez planteadas las posibles mejoras, se validan mediante el monitoreo con las herramientas estadísticas para poder comprobar su efectividad.

Luego de identificar la causa raíz, se procede a esbozar acciones correctivas que plantean la forma como se lleva a cabo la mejora al proceso. Estas acciones se definen después de hacer las siguientes preguntas: ¿La causa raíz está siendo atacada? ¿Existen efectos secundarios indeseables?

Si alguna de las dos preguntas hechas anteriormente no fue resuelta con claridad, y si no arrojan un resultado positivo, se deberán presentar de nuevo las mejoras hasta que sean resueltas las interrogantes satisfactoriamente.
- **Controlar:** En esta última fase del ciclo se procede, una vez más, a dirigir el proceso de mejora bajo herramientas estadísticas que monitoreen y controlen las mejoras presentadas y validadas. Es necesario saber que, si han logrado los resultados esperados mediante la implementación de la filosofía Seis Sigma, el proyecto de mejora no debe para ahí; al contrario, se debe tener presente la mejora continua hasta alcanzar resultados positivos (Pérez, 2013).

Algunas herramientas de las que más se utilizan en esta metodología son:

2.1.1.1 SMED (*single minute exchange of die*)

Significa “cambio de herramientas en un solo dígito de minuto”. El tiempo de cambio es el que transcurre desde que sale la primera pieza buena de un lote anterior hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio. SMED se utiliza cuando se requiere reducir los tiempos de ciclos, aprovechando al máximo todo el tiempo disponible que hay para producir y utilizando menos tiempo para los cambios (Soconini, 2019).

Algunas utilidades de SMED son las siguientes (Soconini, 2019):

- Otorga la posibilidad de fabricar gran variedad de productos.
- Aumenta la capacidad de producción.
- Reduce las pérdidas de material.
- Incrementa el número de cambios.
- Reduce el tamaño de los lotes.
- Disminuye los excesos de inventarios.
- Incrementa la flexibilidad para responder a la demanda de los clientes.
- Aumenta el tiempo de respuesta al cliente.
- Minimiza el tiempo perdido durante los cambios de los lotes.

2.1.1.2 TPM (*total productive maintenance*)

El TPM, siglas en inglés de ‘mantenimiento productivo total’, surgió en Japón como un sistema destinado a lograr eliminar las seis grandes pérdidas de los equipos, y lograr la producción “*just in time*”, que busca como objetivo primordial eliminar los desperdicios (Lefcovich, 2009).

El TPM en la actualidad es uno de los sistemas más fuertes para lograr la eficiencia total, por medio de la cual es factible alcanzar la competitividad total (Lefcovich, 2009). Entre los sistemas en que se basa la aplicación Kaizen se encuentra el TPM, que a su vez hace visible al otro sistema que sostiene la práctica de Kaizen: el “*just in time*”.

2.1.1.3 Diagrama de flujo

Existe una serie de herramientas para definir los procesos productivos entre las que destacan el diagrama de flujo, que desglosa y/o documenta un proceso en la empresa o sus distintas áreas (Keller, 2011). La simbología básica se puede apreciar en la figura No. 2.

Los flujogramas o diagramas de flujo son importantes para el diseñador porque le ayudan en la definición, formulación, análisis y solución de problemas. Mediante el diagrama, el analista puede comprender el sistema de información de acuerdo con las operaciones de procedimientos incluidas; le ayudara a analizar esas etapas, con el fin tanto de mejorarlas como de incrementar la existencia de sistemas de información para la administración (Acosta et al., 2009).

Para una mejor comprensión del proceso, los diagramas de flujo permiten observar todos los pasos de un sistema o proceso sin necesidad de leer notas extensas (Acosta et al., 2009).





Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa en inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida.
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

FIGURA 3

Símbolos de un diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia (2019).

El diagrama de flujo se compone de los símbolos que se ilustran en la figura 3 y cada uno tiene su función:

- Símbolo de terminación: Indica el comienzo o el final de un flujo en el diagrama.
- Símbolo de flecha: Indica la interconexión entre otros dos símbolos y la dirección del flujo.
- Símbolo de datos: Significa cualquier tipo de datos en el diagrama de flujo.
- Símbolo de proceso: Indica un determinado proceso, sus funciones y actividades.

- Símbolo de decisión: Expresa que se debe tomar una decisión y que el flujo del proceso va a seguir cierta dirección a partir de esta decisión.

2.1.1.4 Estudio de tiempos

Los estándares de tiempo pueden determinarse mediante el uso de estimaciones, registros históricos y procedimientos de medición del trabajo. Para que sea exitoso, es necesario que el analista inspire confianza, ejercite su juicio y desarrolle un acercamiento personal con quienes tenga contacto.

El analista del estudio de tiempos debe estar seguro de que se usa el método correcto, además de registrar con precisión los tiempos tomados, evaluar con honestidad el desempeño del operario y abstenerse de hacer alguna crítica. El trabajo del analista debe ser completamente confiable y exacto (Niebel y Freivalds, 2009).

Instrumentos para el estudio de tiempos: El equipo mínimo requerido para el estudio de tiempos incluye un cronómetro, un tablero de estudio de tiempos, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo. Un equipo de videograbación también puede ser útil (Niebel y Freivalds, 2009).



FIGURA 4

Cronómetro para estudio de tiempos

Fuente: www.exito.com (2019).

El cronómetro, como se muestra en la figura 4, es un reloj de precisión que se emplea para medir fracciones de tiempo muy pequeñas. Se utiliza en la industria para tener un registro de tiempos muy breves, como en segundos o milésimas de segundos.

**FIGURA 5**

Tabla de apoyo de los formularios de tiempos

Fuente: Officedepot.com (2019).

En la figura 5 se muestra la tabla de apoyo para tener a mano los formularios que se utilizan para la toma de tiempos. Este material lo facilita la empresa.

Asimismo, para el estudio de tiempos es necesario generar un plan de recolección de los datos, el cual se organiza en varias etapas. La figura 6 muestra un esquema de las etapas que puede seguir.

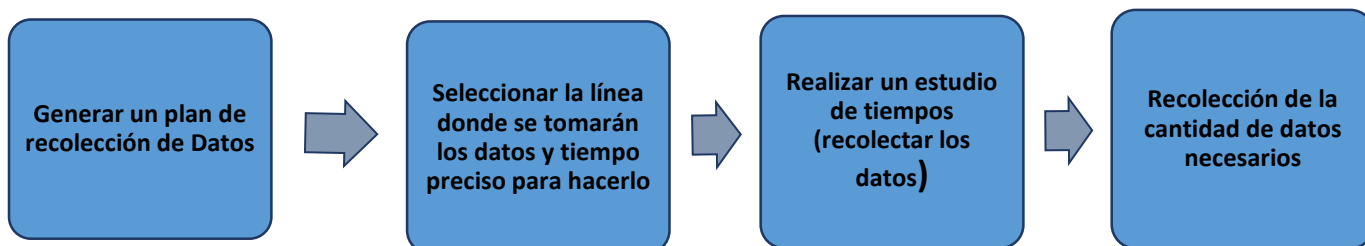


FIGURA 6

Etapa del muestreo y toma de tiempos

Fuente: Elaboración propia (2019).

2.1.1.5 Diagrama de Pareto

Para determinar cuál de las actividades necesarias en el proceso de las líneas de mayor volumen está impactando desfavorablemente en la productividad, la herramienta diagrama de Pareto es una herramienta muy útil.

Consiste en una comparación ordenada de factores relativos a un problema, con el fin de identificarlos y enfocarse en ellos. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas.

Por ejemplo, 80% del inventario total se encuentra en solo 20% de los artículos en el inventario; en el 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores. Su interpretación se lleva de la siguiente manera: “existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (números poco vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas

(número) categorías poco vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos” (Walker, 2009).

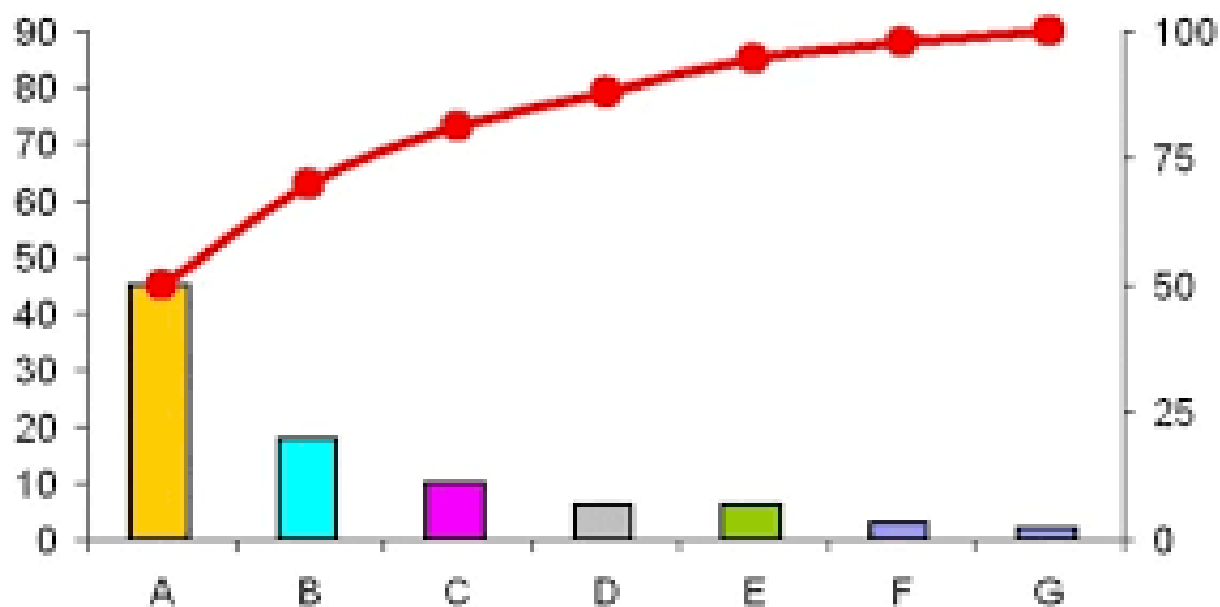


FIGURA 7

Diagrama de Pareto

Fuente: Sunoresarch.com (2019).

El diagrama de Pareto, como se muestra en la figura 7, se puede elaborar de la siguiente manera:

- Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hasta hallar el total.
- Reordenar los elementos de mayor a menor.
- Determinar el porcentaje acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.

- Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
- Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
- Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
- Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
- Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
- Analizar el diagrama localizando el punto de “inflexión”.

2.1.1.6 Diagrama de Ishikawa

Una de las herramientas ingenieriles que aportan mucho en la identificación de la cusa o causas raíz del problema es el diagrama de Ishikawa. Conocido también como diagrama de causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las cusas de un problema. Nos permite, por lo tanto, lograr conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la cusa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante (Walker, 2009).

DIAGRAMA CAUSA -EFECTO O DIAGRAMA DE ISHIKAWA

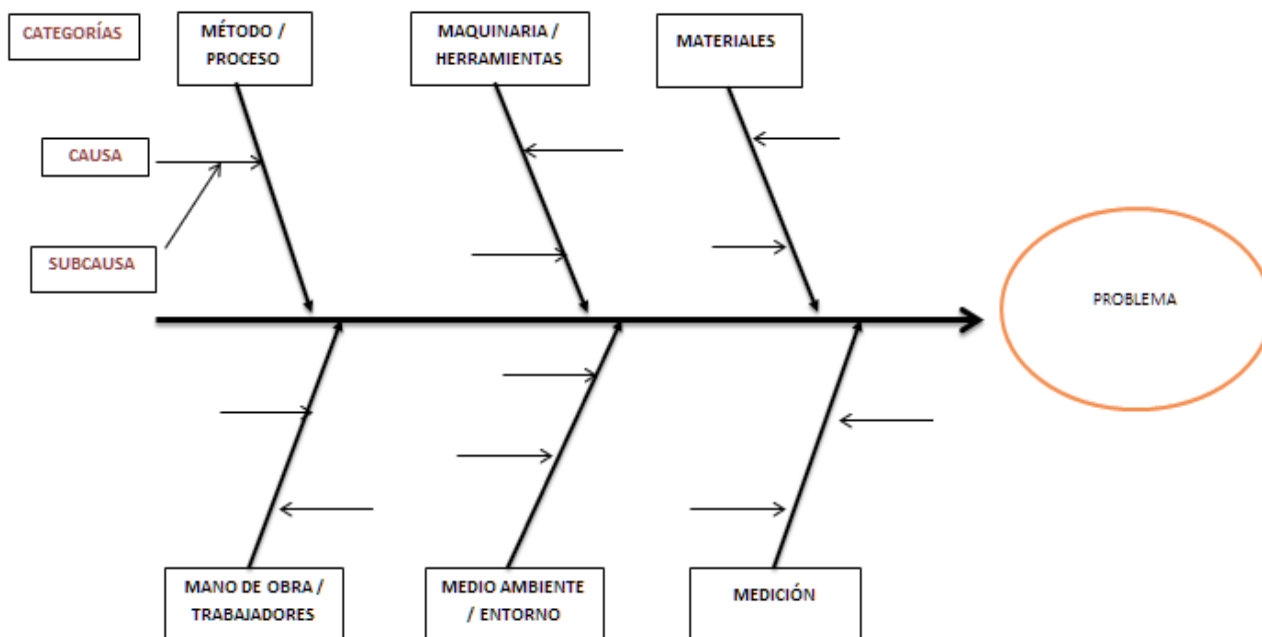


FIGURA 8

Diagrama de Ishikawa

Fuente: Sunoresarch

El diagrama de Ishikawa o de causa-efecto, como se muestra en la figura 8, se elabora de la siguiente manera, tomando en cuenta el método de las 6M:

- Mano de obra: Se toman todos los aspectos asociados a la gente, al personal, al recurso humano, a los colaboradores.
- Maquinaria: En este punto se habla de todas las herramientas con las que se cuenta para dar salida al producto final.
- Métodos: Se evalúan las formas en que se hacen las cosas.
- Medición: Abarca todo lo que gira en torno a la inspección, las diferentes medidas con que se trabaja, el aseguramiento de la calidad, calibración, tamaño de muestra, error de medición, etc.

- Materia prima: Se evalúa todo lo que tenga que ver con los materiales en la empresa, desde los que se usan para dar el producto final hasta los que se adquieren para hacer el aseo del baño.
- Medio ambiente: Este se refiere a las condiciones, el entorno en el que se trabaja.

2.1.1.7 Lluvia de ideas

Como parte de las propuestas de mejora que pueden generar resultados positivos en cualquier proyecto, no se debe descartar la herramienta de lluvia de ideas (o 'tormenta de ideas'), porque toma en cuenta la experiencia y conocimiento que tienen los operarios y el resto de los participantes (como ingeniería y mandos medios).

La lluvia de ideas (*brainstorming*) es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta fue creada en 1941, por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que generaba más y mejores ideas que las que los individuos podían producir de forma independiente; y les daba oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

2.1.1.7.1 ¿Cuándo se utiliza?

- Se deberá utilizar la lluvia de ideas cuando exista la necesidad de:
- Liberar la creatividad de los equipos.
- Generar un número extenso de ideas.
- Involucrar oportunidades para mejorar.

2.1.1.7.2 Permite lo siguiente:

- Plantear y resolver los problemas existentes.
- Plantear posibles causas.
- Desarrollar la creatividad.
- Discutir conceptos nuevos.
- Superar el conformismo y la monotonía.

2.1.1.7.3 ¿Cómo se utiliza?

- Se define el tema o el problema.
- Se nombra a un conductor del ejercicio.
- Antes de comenzar, se explican las reglas.
- Se emiten ideas libremente sin extraer conclusiones en esta etapa.
- Se listan las ideas.
- No se deben repetir.
- No se critican.
- El ejercicio termina cuando ya no existen nuevas ideas.
- Se analizan, evalúan y organizan las mismas, para valorar su utilidad en función del objetivo que se pretende lograr con el empleo de esta técnica.

La lluvia de ideas puede ser empleada a través de tres diferentes maneras:

2.1.1.7.4 No estructurada (flujo libre)

- Escoger a alguien para que sea el facilitador y apunte las ideas.

- Escribir en un tablero una frase que represente el problema y el asunto de discusión.
- Escribir cada idea en el menor número de palabras posible.
- Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se esté repitiendo la idea.
- No interpretar o cambiar las ideas.
- Establecer un tiempo límite (aproximadamente 25 minutos).
- Fomentar la creatividad.
- Construir sobre las ideas de otros.
- Los miembros del grupo de lluvia de ideas y el facilitador nunca deben criticar las ideas.
- Revisar la lista para verificar su comprensión.
- Eliminar las duplicaciones, problemas no importantes y aspectos no negociables.
- Llegar a un consenso sobre los problemas que parecen redundantes o irrelevantes.

2.1.1.7.5 Estructurada (en círculo)

Tiene las mismas metas que la tormenta de ideas no estructurada. La diferencia estriba en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado. No hay problema si un miembro del equipo cede su turno si no tiene una idea en ese instante.

2.1.1.7.6 Silenciosa (tormenta de ideas escrita)

Es similar a la lluvia de ideas clásica; los participantes piensan las ideas, pero registran en papel sus ideas en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra hoja de papel. Cada participante puede entonces agregar otras ideas relacionadas, o pensar en nuevas. Este proceso continuo por cerca de treinta minutos permite a los participantes construir sobre ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes (Verdoy, 2006).

2.2 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

Este proyecto pretende establecer bases teóricas y prácticas para implementar una propuesta de mejora que sea sostenible en el tiempo para el área de ensamble final Trimmers, a través de distintas herramientas ingenieriles y el abordaje de las principales causas del problema.

Uno de los objetivos es utilizar una serie de herramientas para aumentar la capacidad efectiva actual y, de acuerdo con los resultados logrados, poder generar una mejora en los indicadores de la productividad.

La metodología DMAIC se enfocó en la productividad utilizando distintas herramientas ingenieriles que permitan beneficios favorables para la empresa en el desarrollo del proyecto.

2.2.1 Entre los beneficios esperados se pueden mencionar:

- El entrenamiento cruzado con el personal operativo con el fin de lograr que la productividad mejore significativamente.
- Mejor utilización de los recursos, especialmente la mano de obra.

La administración, como ciencia, se encarga de lograr los objetivos de la organización a través de la utilización eficiente de los recursos materiales, humanos y económicos. Uno de los recursos básicos que tiene la empresa son las personas. Cada persona es un ser con capacidades físicas emocionales e intelectuales distintas, producto de una cultura y un medio social, en el que ha aprendido valores, costumbres y formas de vida. Toda esta diversidad se encuentra en cada persona que ingresa a trabajar en una empresa (Flores Villalpando, 2014).

- Mayor eficiencia del área de ensamble final Trimmers, líneas de mayor volumen.

La eficiencia es solo una condición necesaria pero no suficiente para lograr ser productivo; en combinación con la efectividad, se complementa para alcanzar la productividad (Lefcovich, 2009).

- Generar la información útil para implementar el proyecto en otras áreas de producción.

2.3 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Las investigaciones de mejora para elevar la capacidad efectiva o productividad son muchas, pero para este proyecto solo se van a utilizar 2 como base para obtener información.

En el trabajo realizado por Miguel Ángel Guillén Dinarte (2016) consistió en incrementar el rendimiento productivo en la línea 1.8 Lts Gable Top (H5) y la línea Federal 2 a la capacidad teórica instalada en el área de pasteurizado de la empresa Dos Pinos, ya que por análisis se logró detectar que estas dos líneas eran las de menor rendimiento productivo.

Las causas de la baja productividad de ambas líneas no son las mismas. Para la línea H5 se determinó que el lavado principal de la línea era la causa mayor pérdida de tiempo, mientras que para la línea Federal 2, esta dependía de otros procesos que ocasionaban tiempos improductivos que retrasaban su proceso principal.

Se detectaron las mudas o desperdicios en el proceso. En el caso de la línea H5, se detectaron procesos innecesarios y pérdidas de tiempo, se hizo un estudio de tiempos para determinar dónde estaban los focos de mayor tiempo improductivo y fueron eliminados o mejorados mediante herramientas esbeltas (*lean*) como las 7 mudas y las 5S. Se elaboró un manual para el lavado de máquina, pues no contaban con ninguno; así se pudo normalizar el proceso y se eliminó la subjetividad con la que los operarios efectuaban el lavado de la línea.

Se disminuyó el tiempo de espera del resultado de la muestra, aprovechando los tiempos de descanso del personal, y con esto se logró disminuir el tiempo de lavado.

Respecto a la Federal 2, como quedó dicho, la pérdida de tiempo productivo dependía de otros procesos o líneas. Se generó una programación diferente poniendo como prioridad la línea Federal 2, y con esto se logró eliminar las esperas de maquinaria disponible, además de coordinar con la bodega de materia prima para que la fruta que se utilizaba en esta operación estuviera lista a la hora exacta.

El proyecto de investigación de Guillén aplicó las herramientas ingenieriles de la metodología *Lean Manufacturing*. Logró eliminar procesos innecesarios como transportes y esperas o demoras, realizando un estudio del proceso mediante diagrama de flujo o diagramas analíticos, y como resultado determinó los tiempos reales que duraba cada operación.

Los costos de implementación fueron nulos, ya que todos los estudios que realizó Guillén fueron en horas laborales dentro de los horarios normales.

Su análisis de costo-beneficio fue el siguiente:

Logró disminuir las horas en que las dos líneas escogidas estaban detenidas sin producir en las llamadas por la empresa tiempos programados. Para la línea H5 se ahorró un total de 81,22 minutos, y en la Federal 2 se lograron disminuir los tiempos de espera 170 minutos, lo que resultó en un incremento de la producción por hora de la planta y, por consiguiente, un incremento en la productividad de las líneas. Logró

augmentar la producción en 8122 unidades para la línea H5 y 17000 unidades para la línea Federal 2 a nivel diario.

Sus recomendaciones más importantes fueron las siguientes:

Guillén enfatizó que para el logro de una capacitación veraz y robusta el ayudante que se contrate debe pasar en el proceso de 2 a 3 semanas conociendo las líneas de producción, involucrándose en su funcionamiento y programación.

También consideró que es de suma importancia mantener al personal más viejo en entrenamientos cruzados en todas las líneas de producción. Dicha recomendación contemplaba las programaciones de la empresa y que se llevara a cabo una o dos veces al año.

Asimismo, recomendó llevar a cabo una estandarización de los procesos utilizando herramientas como diagramas analíticos, manuales y flujos de proceso, para lograr encontrar con más facilidad las causas de los problemas, en vista de que no cuentan con estandarización de los procesos.

Hacer una mejor coordinación con los departamentos adyacentes que incidían directamente en los procesos, como bodega de material prima, Mantenimiento o laboratorio, con el fin de disminuir o eliminar los atrasos por estar dependiente de esos otros departamentos o líneas.

Hacer cada día una programación o balance de línea para evitar los cuellos de botella y retrasos por tiempos perdidos, y con esto lograr la demanda diaria. Consolidar definitivamente la aplicación de la política de mejora continua.

El trabajo realizado por Alejandra Garro (2017) consistió en mejorar la productividad en el producto de válvulas cardíacas T en el área de montaje de tejido B, en la empresa de dispositivos médicos AGM.

Dicho proyecto surgió porque la empresa AGM detectó una baja productividad por parte del personal de montaje de tejido B; y esto generaba que no se cumpliera con la meta de producción estipulada por el departamento de Planeación, haciendo incurrir a la empresa en gastos adicionales de pagos de tiempos extras. Garro planteó el uso de un control de productividad individual para las estaciones de trabajo, donde se controló la producción por hora.

También determinó que el costo por unidad pasa de un \$5.64 a \$5.26, lo que da una diferencia de \$0.38 por cada unidad procesada; además el monto total del ahorro anual en el pago de mano de obra directa para el proceso de montaje de tejido es de \$11.412,63.

Varias conclusiones que dio Garro en la aplicación de su proyecto fueron:

Se logró hacer un nuevo balance de línea en los procesos de montaje del tejido b para la demanda requerida en los próximos seis meses.

Se logró eliminar la cantidad de horas extras para cumplir una meta semanal de 630 unidades que representaba el 5% de planilla de 21 personas. Además, logró demostrar con números que la propuesta no requería de inversión adicional a la que ya existía; por el contrario, se logró un ahorro considerable del monto total de mano de obra de \$11.412 y una mejora en el costo por unidad de \$0,38, equivalente a un 7%.

Se eliminaron 7 participantes del proceso y se dejaron 14 personas trabajando en las estaciones; con ello hubo una disminución del 33% del personal.

La propuesta de Garro aplicó un estudio de métodos y tiempos, y en base a ello, aplicando herramientas ingenieriles, logró hacer un nuevo balance de línea que cumpliera con la demanda requerida. Se mejoró el tiempo estándar de 0,95 a 0,85 horas por unidad para el proceso de montaje de tejido B, que equivalía a un 10%.

Algunas de las recomendaciones brindadas por Garro en su propuesta fueron:

Realizar un estudio de tiempos en las líneas anteriores y posteriores a la de montaje de tejido B para mejorar el estándar de todo el proceso total del dispositivo.

Organizar reuniones para informar y dar conocimiento al personal de los objetivos específicos del proceso y sus metas diarias. Recomendó al departamento de Producción de darle un seguimiento riguroso y consistente al proceso y a todos los factores que podrían afectar el estándar de las operaciones y que ocasionaran el incremento de horas extras.

Del mismo modo, recomienda que el personal de operaciones siga el balance de línea y las mejoras implementadas en este proyecto para llevar a cabalidad el logro de las metas propuestas.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la empresa Trimpot Electrónicas el departamento de Manufactura se encarga de registrar todos los datos de las producciones de las operaciones claves del proceso, utilizando medios estadísticos para el seguimiento y control.

Dentro de su plan para mejorar la productividad utiliza metodologías como TPM; y en este sistema se mide el indicador llamado OEE, cuyo objetivo principal es medir la productividad de los equipos en el proceso productivo, los tiempos programados, los tiempos perdidos, tiempos caídos por maquinaria mala, o cualquier otro factor que por alguna razón detenga los equipos en su tiempo productivo.

Realizando un análisis a este indicador que comprende los meses de enero a octubre del 2019, como se muestra en la figura 9, pudo cuantificarse que una parte de tiempo improductivo se debe a las incidencias del proceso (representan el 38% del total de tiempo programado, o 2137 horas; un 32% equivale a tiempos perdidos para un total de 1833 horas, y el otro 30% es tiempo caído, con un total de 1676 horas). El total que consumen las incidencias del proceso es de 5646 horas en este periodo de enero a octubre del 2019.

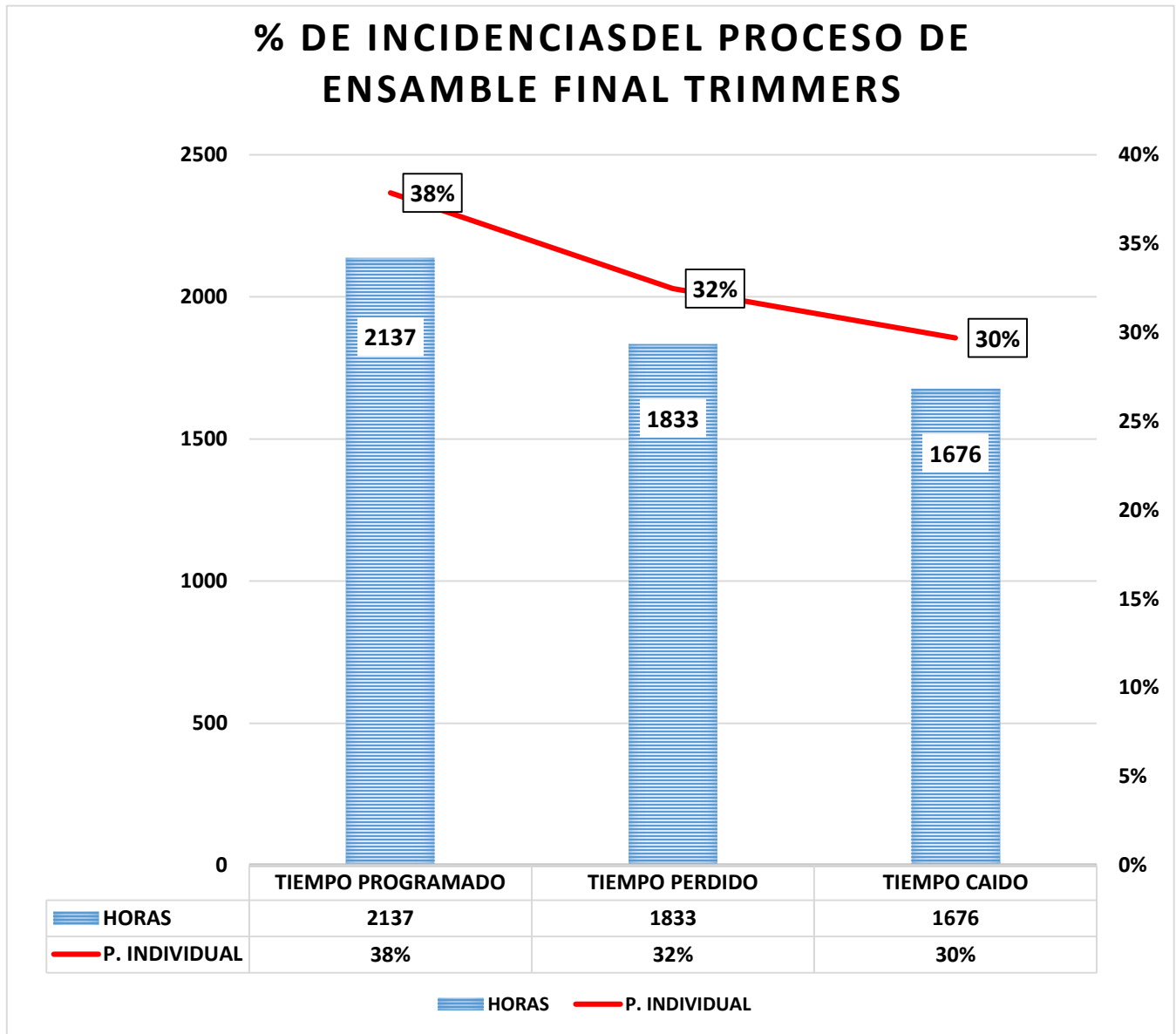


FIGURA 9

Porcentaje de incidencias del proceso de ensamble final Trimmers

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO

Como se mencionó anteriormente, la empresa cuenta con la aplicación de la metodología de TPM, y esta utiliza otras metodologías como la DMAIC, la cual define, mide o cuantifica problemas para posteriormente analizar, mejorar y controlar. El sistema TPM se apoya en sistemas informáticos como el SIM, el cual recopila la información de las OEE de las operaciones principales y cuantifica estos tiempos improductivos categorizándolos por tiempo programado, perdido y caído.

Actualmente, la información de las horas de incidencia que se están presentando, y que es lo que se quiere medir, salen de este sistema, por lo cual representa un respaldo cuantitativo de estos procesos, ayudando a medirlos de una forma eficiente y eficaz.

Dentro de la información que da esta herramienta puede cuantificarse que las incidencias son un porcentaje y cantidad importante dentro de las variables que afectan al OEE.

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

La metodología utilizada sigue siendo DMAIC. Dentro de su estructura, en la etapa de analizar, se aplican varias herramientas diseñadas para el análisis mediante

el conocimiento técnico, observación, exploración, examen y valoración de los datos recopilados. La intención es encontrar las causas principales que impactan en mayor volumen las incidencias de proceso, así como identificar actividades que no agreguen valor.

En esta etapa se realizan análisis estadísticos que ayuden a descartar causas no asignables al problema de las incidencias del proceso y a identificar cuáles causas sí son asignables, y obtener también posibles propuestas de solución al problema de las incidencias del proceso.

Algunas herramientas utilizadas en la metodología DMAIC son:

- Diagramas de Pareto.
- Lluvias de ideas.
- Diagrama causa-efecto.
- Diagramas de flujo.
- Medición de tiempos

La parte del análisis es una de las más importantes dentro del ciclo de Deming, porque con un buen análisis se identifican las principales causas en las que se deben enfocar los esfuerzos para la mejora del proceso. De los resultados de dicho análisis nacen las propuestas de implementación.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La metodología para implementación de la propuesta del proyecto va ser el ciclo de Deming.

3.4.1 Ciclo de Deming

Esta herramienta busca dotar al proyecto de un sentido común y un hilo conductor. Consta de 4 fases, conocidas por sus iniciales en inglés como “PDCA”:

- Planificar (*Plan*): En esta primera fase cabe preguntarse cuáles son los objetivos que se quieren alcanzar, y elegir los métodos adecuados para lograrlos. Se debe incluir el estudio de causas y los correspondientes efectos para prevenir los fallos y problemas de la situación sometida a estudio, aportando soluciones y medidas correctivas.

En la fase de planificar se pretende dar una propuesta de mejora en el área de ensamble final Trimmers para lograr la productividad del proceso.

- Realizar (*Do*): Consiste en llevar a cabo el trabajo y las acciones correctivas planeadas en la fase anterior. Es importante comenzar en trabajo de manera experimental, para, una vez que se haya comprobado su eficiencia en la fase siguiente, formalizar la acción de mejora en la última etapa.

En la fase de realizar se pretende llevar a cabo una serie de propuestas a los problemas encontrados en el proceso de análisis. Con el soporte del personal operativo, producción y servicios técnicos, esas propuestas se ejecutarán en el proceso.

- Comprobar (*Check*): Es el momento de verificar y controlar los efectos y resultados que surjan de aplicar las mejoras planificadas.

En esta fase se utilizará el sistema de información de manufactura SIM para filtrar los datos digitados diariamente que provienen de las OEE empleadas como registros en el proceso, con el fin de corroborar que las mejoras estén siendo efectivas y que su aplicación cumpla con los fines establecidos y se mantengan a lo largo del tiempo.

- Actuar (*Act*): Una vez que se comprueba que las acciones emprendidas dan el resultado deseado, es necesario realizar su normalización mediante una documentación adecuada. Se trata, al fin y al cabo, de formalizar el cambio o acción de mejora de forma generalizada introduciéndolo en los procesos o actividades.

Actualmente, Trimpot Electrónicas Ltda. tiene como meta aplicar herramientas que permitan lograr mejoras en el proceso productivo, donde temas como los presentados en este proyecto generen propuestas positivas para poder lograrlo. Vale mencionar que la meta principal de toda empresa es llegar a ocupar un sitio competitivo en el mercado, por medio de aplicaciones de mejoras continuas en sus procesos.

Las herramientas metodológicas de Ingeniería Industrial utilizadas para montar, aplicar e implementar la propuesta de mejora fueron las siguientes:

Disminución de actividades que no agregan valor al proceso productivo.

- Diagramas Ishikawa

- Diagramas de Pareto
- Diagramas de flujo
- Aplicación de entrenamientos cruzados
- Planes de acción.

Una vez realizado el diagnóstico y la propuesta de mejora, los encargados de aplicar las soluciones e inspeccionar su puesta en práctica son los supervisores, líderes y Servicios Técnicos. Este último departamento presta un servicio al área productiva de mantener en buen estado los equipos productivos; por su parte, los supervisores y líderes son los encargados de supervisar que los procesos productivos se cumplan de la forma más eficiente y eficaz posible.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

El proceso de la verificación de los resultados consiste en medir cuántas horas improductivas se está presentando, debido a las incidencias del proceso en las áreas de mayor volumen.

El respaldo de la mejora y el control de la misma se realizarán mediante la información almacenada en el SIM, el cual es un sistema propio de Trimpot Electrónicas donde se mide la eficiencia general de los equipos (OEE) por medio de la información suministrada de los procesos de producción.

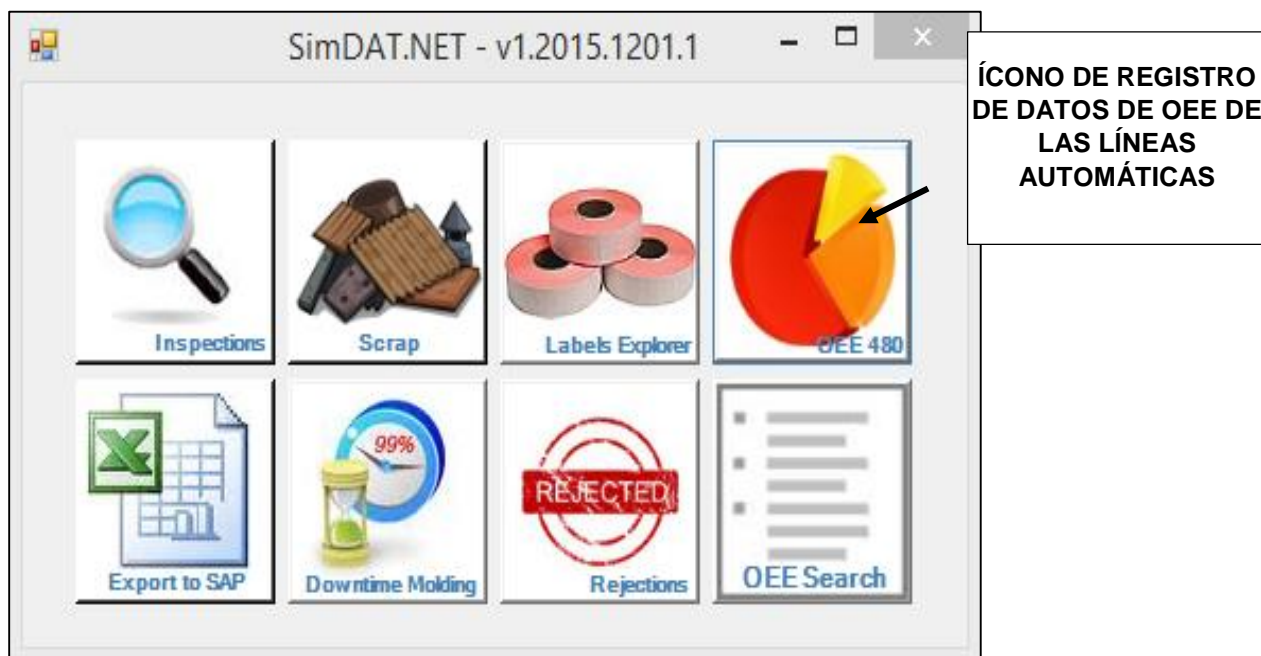


FIGURA 10

Sistema interno de información de manufactura SIM

Fuente: Departamento de Manufactura (2019).

En la figura 10 se muestra una ilustración del ícono del sistema interno de información de manufactura donde se detalla el registro de datos de las OEE. Los datos de las OEE de todas las líneas automáticas se digitan diariamente.

The screenshot shows the 'frmOEERegistry' application window. It contains several input fields for data entry:

- Date:** 2/19/2020
- Shift:** Tumo 8h 6am-2pm
- Machine:** SP96 01
- Qty produced:** 20205
- Time:** 6:00
- Cycle:** 48
- Scrap:** 0
- EA/BAR:** 0

Below these fields are buttons for navigation: a green arrow pointing right, a red 'X', and a green plus sign in a circle. There are also fields for **Duration**, **Code**, and **Detail**.

The main data table is as follows:

OEE Code	Time	codificado_situacion	descripcion_situacion
447102	15	GCA005	Problemas de Grumos en Epoxy / UV
447102	25	GPR009	Mejoras Planificadas Al Equipo
447102	10	GPR003	Arranque Y Cierre De Tumo
447102	15	GPR009	Mejoras Planificadas Al Equipo
447102	15	GPR003	Arranque Y Cierre De Tumo
447102	35	GPE002	Cambios De Configuración
447102	15	GPE001	Ajuste Por Material Defectuoso Ó Fuera De Especificación

FIGURA 11

Pantalla principal de registro de datos de OEE

Fuente: Departamento de Manufactura (2019).

En la figura 11 se encuentra la pantalla principal que aparece al entrar al ícono de registro de OEE, donde se digitan todos los datos de cada una de las OEE de las líneas automáticas. Dicha labor es ejecutada por el personal de manufactura.

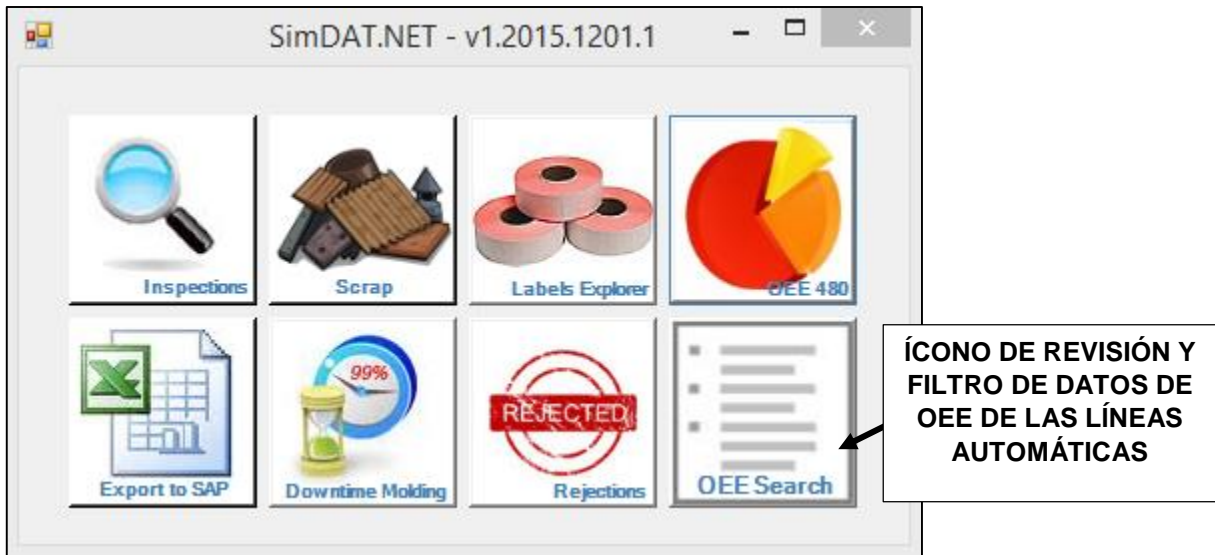


FIGURA 12

Ícono para la revisión y filtro de todos los datos registrados de las OEE de las líneas automáticas

Fuente: Departamento de Manufactura (2019)

En la figura 12 se muestra el ícono de búsqueda de datos, por medio del cual podremos tener acceso a toda la información de cada una de las OEE de las líneas automáticas.

frmOEESearch

Initial Date: 2/19/2020 Final Date: 2/24/2020 Machine: SP96 01 Shift: I Tumo 8h 6am-2pm Multi:

Code	Date	Units	Cycle	User	Time	Scrap	EABAR
▶ 447102	2/19/2020	20205	48	gabrielab	540	0	0

Incidentes

Code	Period	Situation	Description	descripcion_maquina
▶ 447102	15	GCA005	Problemas de Grumos en Epoxy / UV	SP96 01
447102	10	GPR003	Arranque Y Cierre De Tumo	SP96 01
447102	35	GPE002	Cambios De Configuración	SP96 01
447102	15	GPR003	Arranque Y Cierre De Tumo	SP96 01
447102	15	GPR009	Mejoras Planificadas Al Equipo	SP96 01
447102	25	GPR009	Mejoras Planificadas Al Equipo	SP96 01
447102	15	GPE001	Ajuste Por Material Defectuoso Ó Fuera De Especificación	SP96 01

FIGURA 13

Pantalla principal para la revisión y filtro de datos de todas las OEE

Fuente: Departamento de Manufactura (2019).

En la figura 13 se muestra la pantalla principal del ícono de búsqueda de información, revisión y filtro de todos los datos que se digitan diariamente de las OEE por medio del personal de Manufactura. Mediante este acceso se podrá estar verificando si los resultados de las propuestas de mejora se mantienen o si, por algún motivo, no se están cumpliendo. De esta forma queda debidamente explicado de qué trata el sistema SIM y las funciones principales de dicha herramienta.

Los responsables de que las soluciones propuestas se lleven a cabo y que perduren en el tiempo son los jefes de planta –supervisores y líderes– y Servicios Técnicos, así como el personal del proceso productivo. Esto porque los jefes de planta son los encargados de supervisar que estos procesos se cumplan de forma eficiente y eficaz, Servicios Técnicos se encarga de mantener los equipos en las mejores condiciones para lograr las metas productivas, y el personal del proceso es quien evidencia y alerta si la meta no se está cumpliendo.

El sistema de control y seguimiento de resultado del proyecto consiste en monitorear la cantidad de horas en que se ve afectada la OEE por las incidencias del proceso productivo. El indicador para monitorear y dar seguimiento para asegurarse de que las medidas son sostenibles en el tiempo son las horas mensuales de tiempos improductivos por dichas incidencias.

CAPÍTULO IV

LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con base en los resultados logrados con varias iniciativas que han impactado el proceso de ensamble final Trimmers de manera favorable, se observó una oportunidad de mejora y se determinó que la capacidad efectiva del área de ensamble final Trimmers puede crecer considerablemente por medio de la aplicación del proyecto Level Up, cuyo objetivo principal se enfoca en llevar a cabo la aplicación de herramientas como manufactura celular, TPM, SMED, *cross training*, etc.

Actualmente la capacidad efectiva global está en un 65%, según datos históricos obtenidos del sistema de manufactura SIM. En la tabla N°1 se muestra el resumen del total de tiempos disponibles y el total de tiempos de incidencias en horas de las líneas automáticas de alto volumen contemplando el periodo desde enero a octubre del 2019, donde se logra cuantificar las horas de tiempo perdido por la cantidad de incidencias que se presentan en el proceso diariamente.

TABLA 1

Resumen del total de tiempo disponible y del total del tiempo perdido por incidencias del proceso de las líneas de alto volumen. Enero a octubre del 2019

Modelo	Total de tiempo disponible en horas	Total de tiempo perdido en horas
Modelo 3296	3 684	1 290
Modelo 3386	3 440	1 162
Modelo 3224GJ	2 583	729
Modelo 3224WX	2 450	927
Modelo 3266 familia	2 370	814
Modelo 3362	1 859	723
Total general	16 386	5 645

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

De acuerdo a los resultados obtenidos de las OEE por medio del SIM, y por decisión del departamento de Producción, se decidió que la celda piloto para la aplicación del proyecto Level Up será el modelo 3296 de las líneas automáticas.

4.2 MAPEO DEL PROCESO (descripción de un potenciómetro)

Un potenciómetro de ajuste o *trimmer* son resistencias mecánicamente ajustables utilizadas en electrónica, circuitos para equilibrar las tolerancias de los componentes y para ajustar el comportamiento de los circuitos.

4.2.1 Algunas aplicaciones de los potenciómetros a nivel exterior son:

- Telecomunicaciones
- Industria aeroespacial
- Silla de ruedas motorizada
- Instrumento médico
- Tablero convertidor *pH meter interface*

4.2.2 Aplicaciones del potenciómetro en Trimpot Electrónicas:

- Consolas de *burning* Q.C.
- Controles de velocidad de motor principal
- Control de velocidad de mesa rotativa en *SP machines*
- Control de velocidad de faja de horno Conveyor

4.2.3 Funcionamiento del potenciómetro

El potenciómetro es un dispositivo electrónico mecánico con tres terminales (pines): dos conectados a los extremos de un elemento resistivo (resistencia) y uno conectado con un contacto conductivo móvil, que se desliza recorriendo la resistencia. En su movimiento de un extremo al otro, el valor resistivo medido varía del valor cero al valor máximo de la resistencia. En la figura 14 se muestra el esquema eléctrico del potenciómetro.

Esquema eléctrico usado para un potenciómetro:

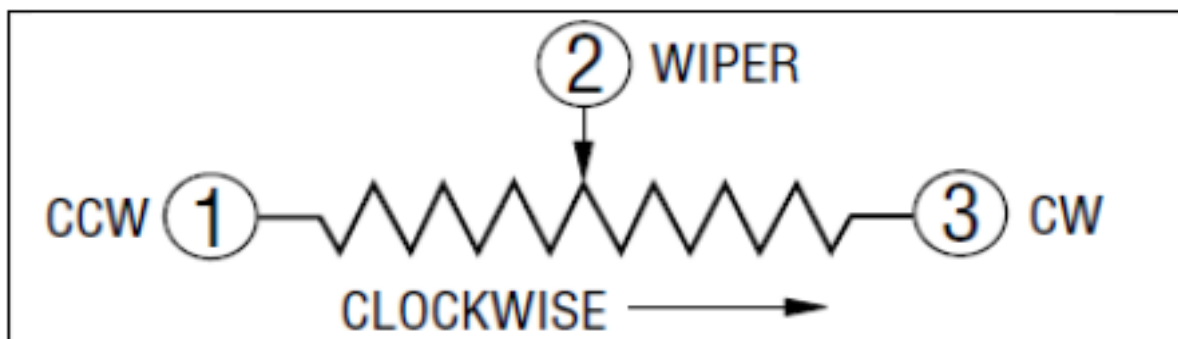


FIGURA 14

Esquema eléctrico usado para un potenciómetro

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.2.4 Descripción general de modelos en el área de ensamble final de Trimpot

Electrónicas:

En ensamble final se trabaja con diferentes líneas de potenciómetros; están los potenciómetros de un solo giro, los de ajuste lineal y los de varios giros.

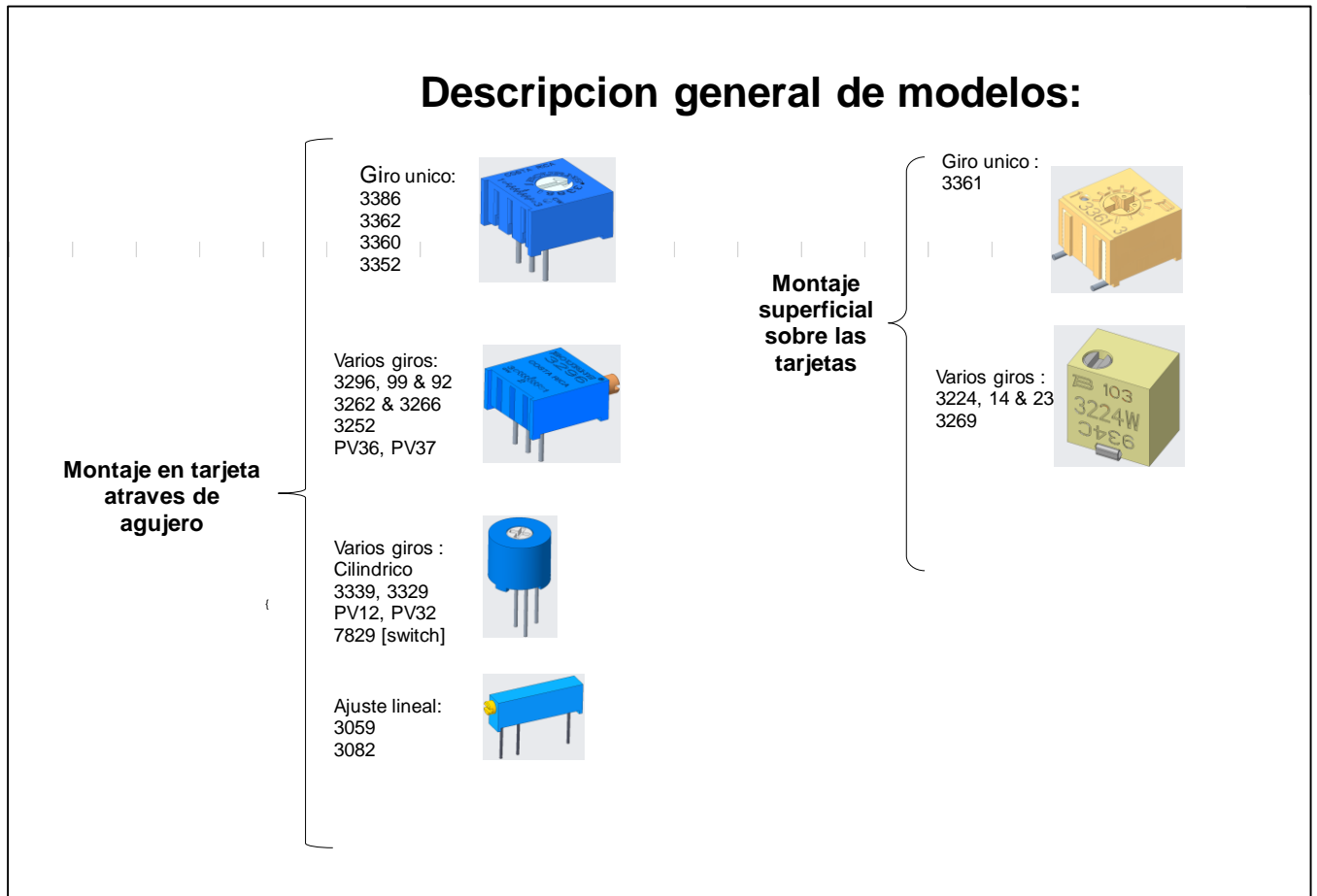


FIGURA 15

Descripción general de modelos de potenciómetros en ensamble final Trimmers

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

Como se muestra en la figura 15, dentro de las líneas de potenciómetros que se producen en ensamble final se encuentran los potenciómetros que van montados en

tarjetas a través de agujeros y los potenciómetros que van montados superficialmente sobre las tarjetas.

4.2.5 Modelos de líneas automáticas de alto volumen:

Los modelos de potenciómetros de las líneas de alto volumen que se producen en el departamento de ensamble final Trimmers en Trimpot Electrónicas son:

4.2.5.1 Modelo 3386

Descripción: Potenciómetro del modelo 3386, giro único que va montado en tarjeta a través de agujeros. Este modelo se identifica en el proceso de ensamble final como “la familia de 3/8”, por tener el tamaño grande. Sus componentes y pieza terminada son las que se muestran en la figura 16.

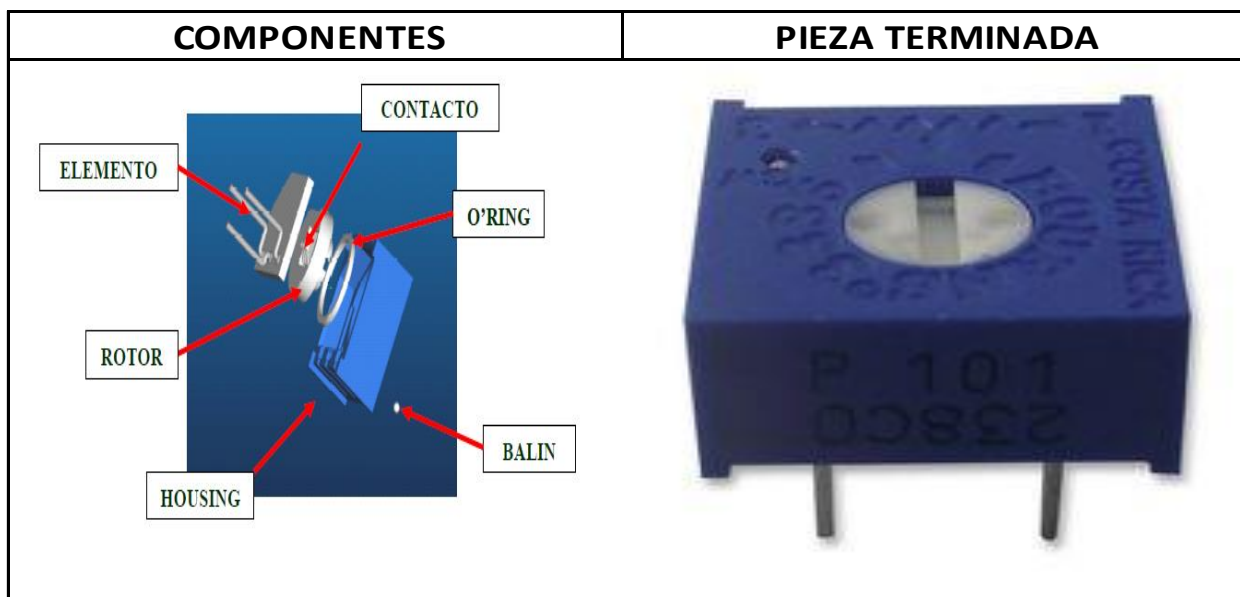


FIGURA 16

Componentes del modelo 3386

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.2.5.2 Modelo 3296

Descripción: Potenciómetro del modelo 3296, de varios giros y va montado en tarjeta a través de agujeros. Este modelo, al igual que el anterior, se identifica como integrante de la familia de 3/8. Sus componentes y pieza terminada se proporcionan en la figura 17.

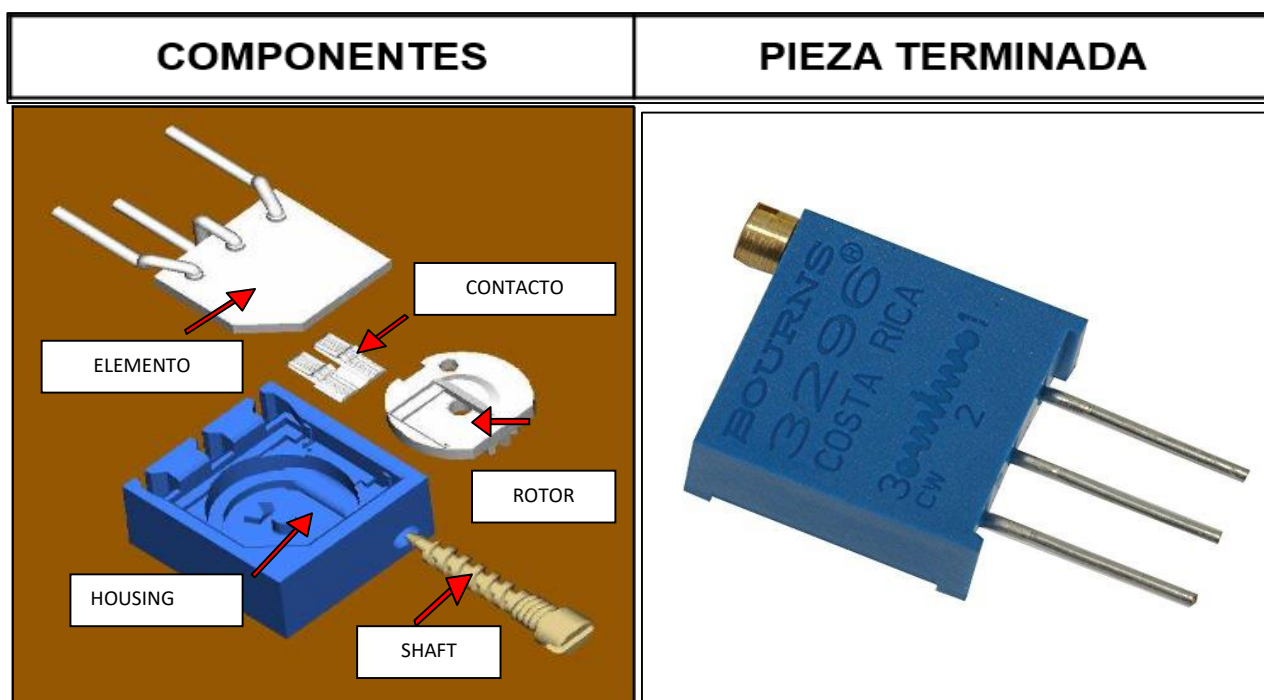


FIGURA 17

Componentes del modelo 3296

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019)

4.2.5.3 Modelo 3262 familia

Descripción: Potenciómetro del modelo 3262 familia, de varios giros y va montado en tarjeta a través de agujeros. Este modelo se identifica en el proceso de ensamble final como “la familia de ¼”, por tener un tamaño mediano. Sus componentes y pieza terminada se brindan en la figura 18.

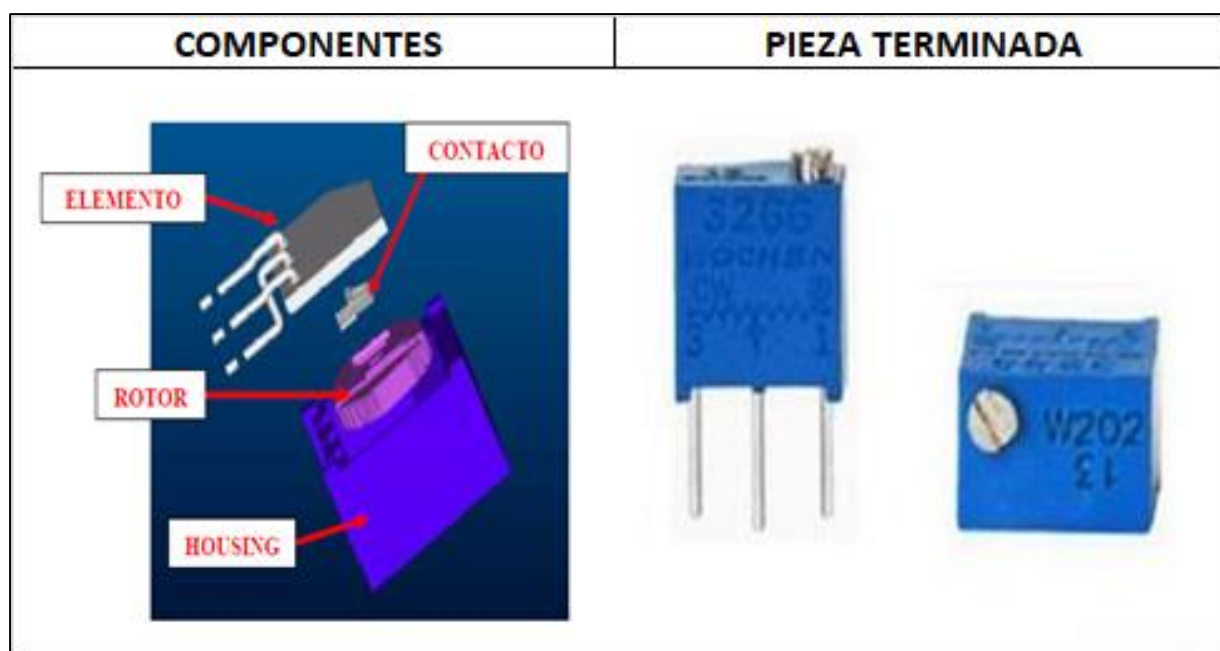


FIGURA 18

Componentes del modelo 3232 familia

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.2.5.4 Modelo 3362

Descripción: Potenciómetro del modelo 3362, un solo giro y va montado en tarjeta a través de agujeros. Al igual que el anterior, pertenece a la familia de $\frac{1}{4}$. Sus componentes y pieza terminada ofrecen el siguiente aspecto:

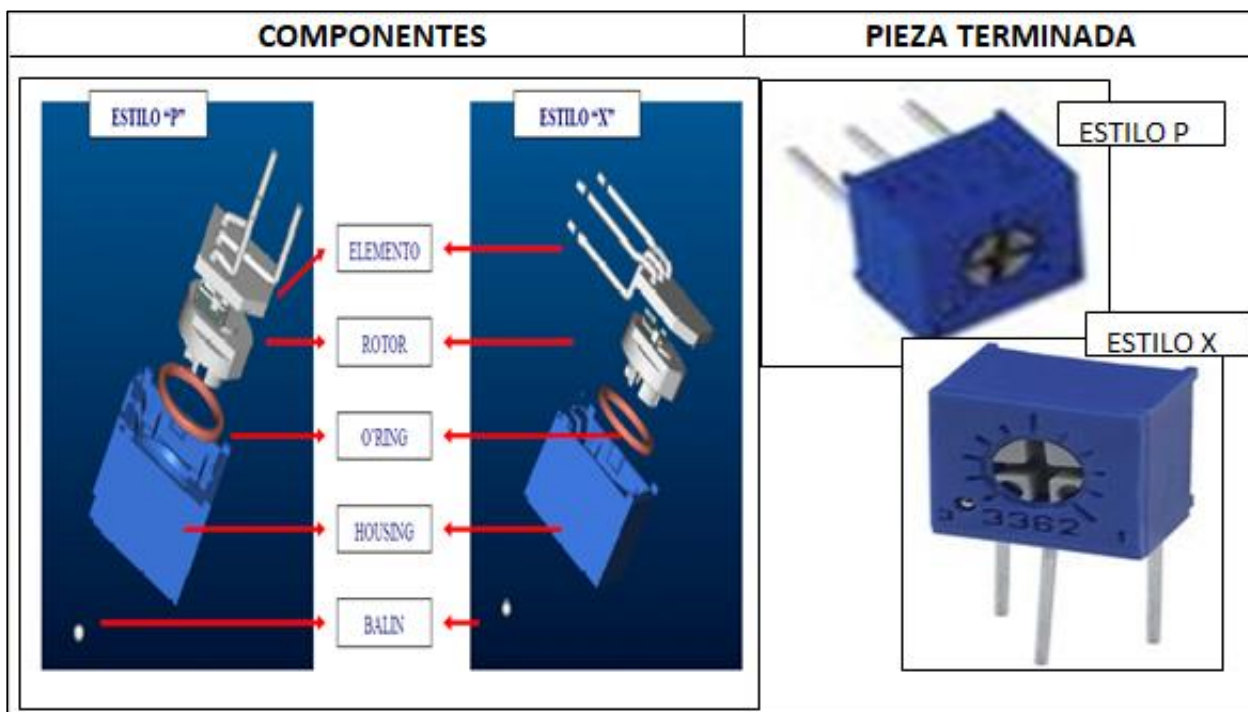


FIGURA 19

Componentes del modelo 3362

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.2.5.5 Modelo 3224 GJ

Descripción: Potenciómetro del modelo 3224, de varios giros y va montado superficialmente sobre la tarjeta. Este modelo se identifica en el proceso de ensamble final como “la familia de 4 milímetros”, por el tamaño pequeño. Sus componentes y pieza terminada se observan a continuación:

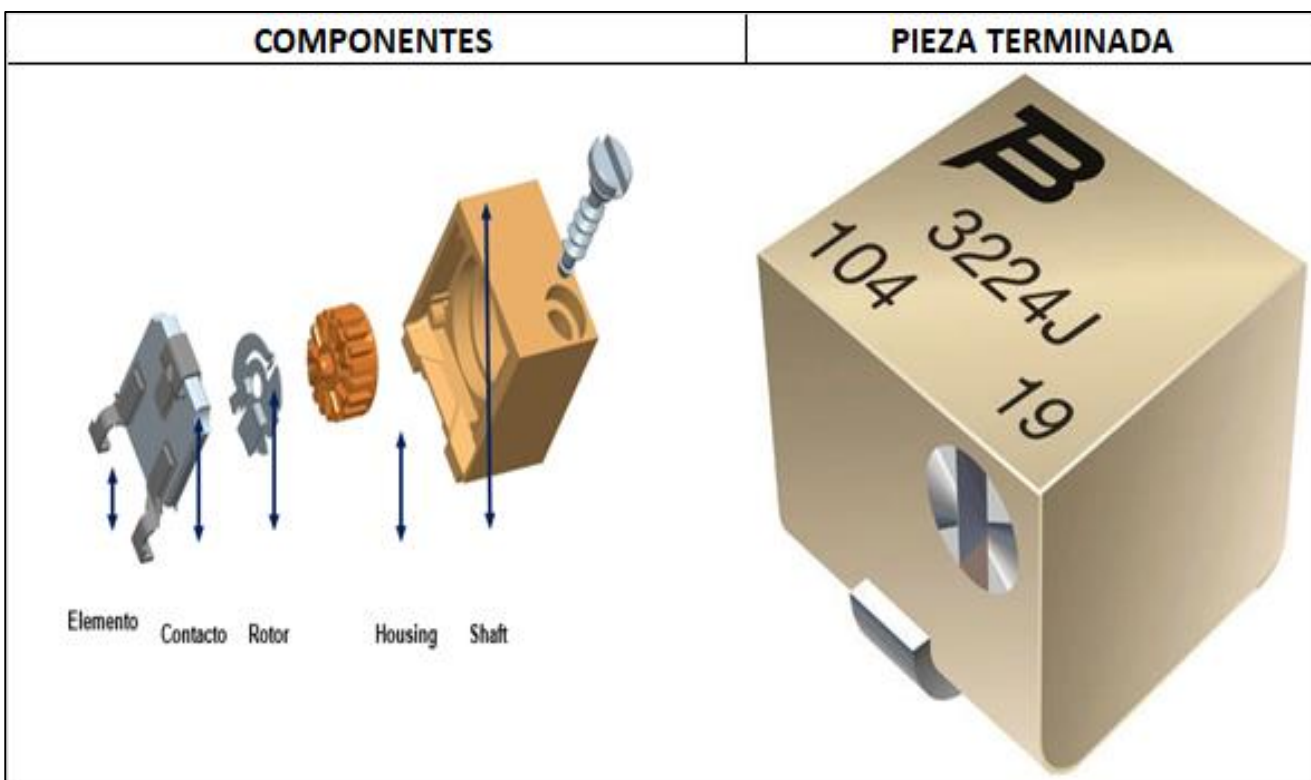


FIGURA 20

Componentes del modelo 3224 GJ

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.2.5.6 Modelo 3224 WX

Descripción: Potenciómetro del modelo 3224, de varios giros y va montado superficialmente sobre la tarjeta. Es otro integrante de la familia de 4 milímetros, por sus reducidas dimensiones. Su aspecto final se aprecia en la figura 21.

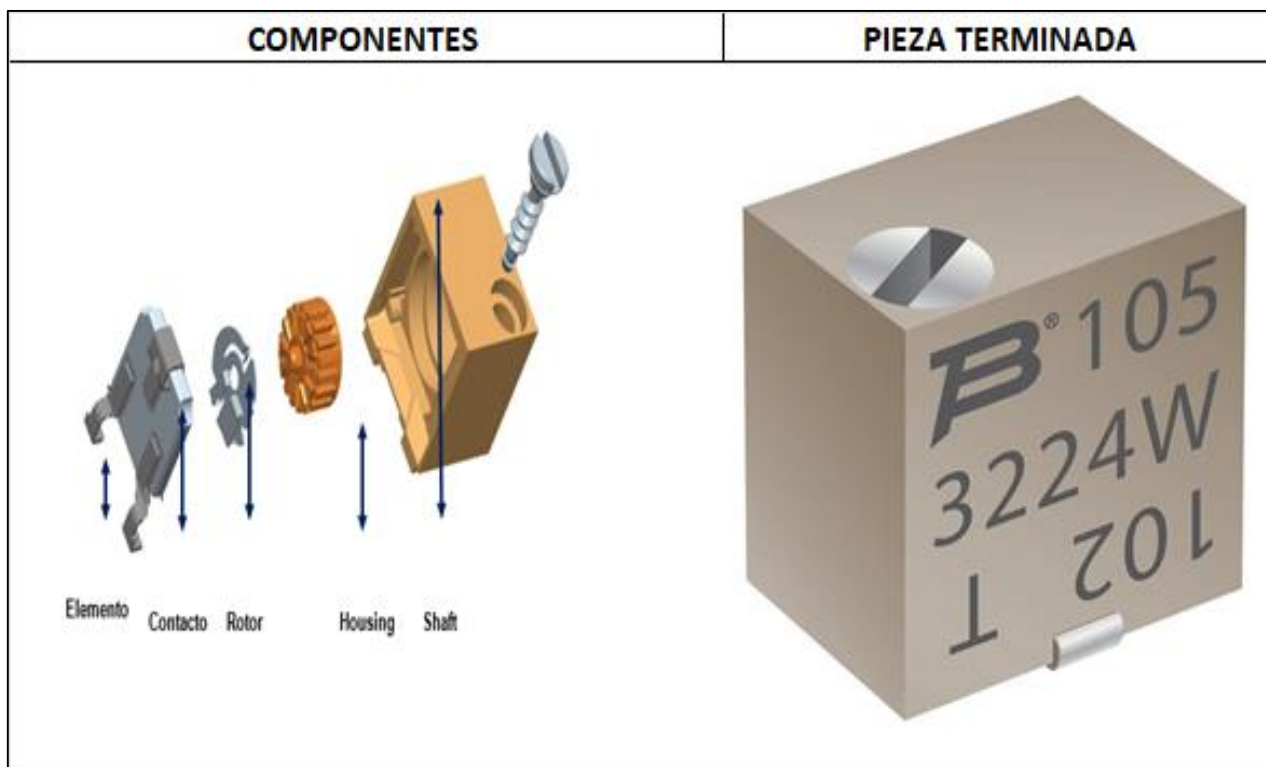


FIGURA 21

Componentes del modelo 3224 WX

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimot Electrónicas (2019).

4.3 COMPONENTES QUE SE UTILIZAN EN EL ENSAMBLAJE DE UN POTENCIÓMETRO 3296

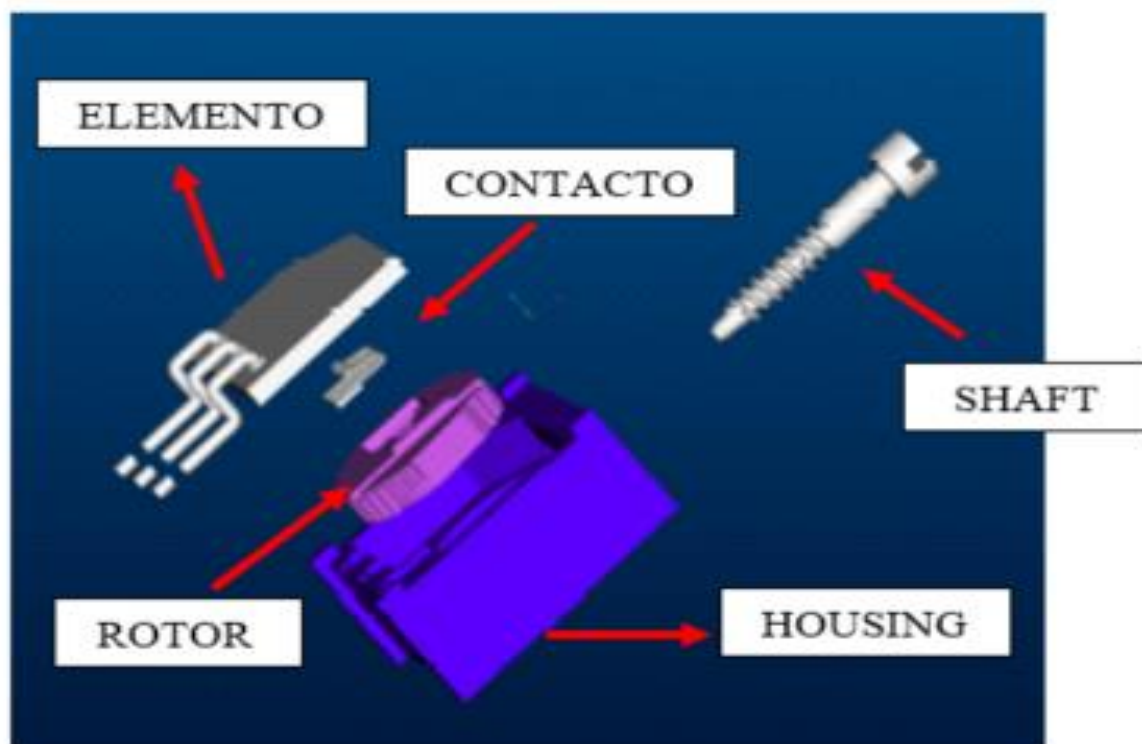


FIGURA 22

Componentes que conforman un potenciómetro del modelo 3296

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.3.1 Cada uno de los componentes que conforman un potenciómetro 3296 se muestra en la figura 22. A continuación, se explican detalladamente:

- **Housing:** Caja de alojamiento para el ensamblaje interno del potenciómetro 3296.
- **Elemento:** Pieza con la impresión de la resistencia (tinta resistiva) que conforma dicho potenciómetro según los requerimientos del cliente.
- **Rotor:** Pieza giratoria con dientes de engranaje o piñón que hacen contacto con la rosca del *shaft* para girar el rotor.
- **Contacto:** Pestañas metálicas ensambladas en el rotor, las cuales hacen contacto con la tinta resistiva al hacer el giro del *shaft*, y con esta acción se mide la resistencia del potenciómetro internamente.
- **Shaft:** Eje con rosca que hace contacto con el piñón o dientes del rotor que genera el giro interno para medir la resistencia interna del potenciómetro.

4.4 FLUJO DEL PROCESO DEL MODELO 3296, CELDA PILOTO

El orden de las operaciones que componen el modelo 3296 se muestran en la figura 23, que corresponde al diagrama de flujo de dicha celda piloto. En este diagrama se desglosa y se describe detalladamente cada una de las operaciones que conforman el proceso del ensamblaje de los potenciómetros 3296.

4.4.1 Flujo del proceso del modelo 3296 celda piloto

BOURNS®		Proceso de Ensamble de Potenciómetros 3296/3299 y PV36 Automático					
DIAGRAMA DE FLUJO							
Flujo de Proceso	Descripción de Actividades	Inspección	Transporte	Esperas	Proceso	Almacenamiento	Información Adicional
		●	➔	⌋	■	▼	
Recibo de Material	Se recibe el material a trabajar y se inspecciona contra la hoja de Ruta	●	➔	⌋	□	▼	Especificación del material a trabajar
	Llevar el HSG a Plasma y los otros materiales a la línea	○	➔	⌋	□	▼	
Plasma	Hacer plasma al HSG según la especificación.	○	➔	⌋	■	▼	
	Prueba de medición del plasma	●	➔	⌋	□	▼	
	Llevar el HSG a la línea correspondiente	○	➔	⌋	□	▼	
Configuración de SP	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
Lubricación del Housing	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
	Realizar el proceso de lubricación del HSG	○	➔	⌋	■	▼	
Instalar el Rotor y Lubricar el Contacto	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
	Instalar el Rotor en el HSG	○	➔	⌋	■	▼	
	Lubricación del contacto	○	➔	⌋	■	▼	
	Inspecciones de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
Instalar el Elemento y Asentamiento	Verificar setup de la operación y verificar dimensiones críticas *	●	➔	⌋	□	▼	
	Realizar la colocación del elemento en el HSG	○	➔	⌋	■	▼	
Puntos UV	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
	Realizar el dispensado de los puntos UV.	○	➔	⌋	■	▼	
Posformación de Pines	Posformación de los pines	○	➔	⌋	■	▼	Excepto estilo "P"
	Verificación de las dimensiones	●	➔	⌋	□	▼	
Testeo Estático	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
	Realizar el Testeo Estático de las unidades	○	➔	⌋	■	▼	
Pintura marking	Realizar la pintura del HSG	○	➔	⌋	■	▼	
Epoxy	Verificar cantidad de cemento en el HSG	●	➔	⌋	□	▼	
	Dispensado de Cemento en la cavidad	○	➔	⌋	■	▼	
Horno	Realizar el curado de las unidades.	○	➔	⌋	■	▼	
Shaft Inserter	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
	Realizar la operación de insertar el Shaft	○	➔	⌋	■	▼	
Inspección 100%	100% Inspección visual de las unidades	●	➔	⌋	□	▼	Sólo PV36
Inspección Visual de Empaque de QA	Verificar setup de la operación	●	➔	⌋	□	▼	
	Inspección de Leak Test, Visual, Eléctrica y de Empaque	●	➔	⌋	□	▼	
Shipping	Verificar Integridad del empaque y documentación	○	➔	⌋	□	▼	

FIGURA 23

Diagrama de flujo del modelo 3296, celda piloto

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2 A continuación, se detallará cada una de las operaciones que lo conforman:

4.4.2.1 Recibo de material:

Se recibe el material que se va trabajar y se compara contra la información de la hoja de ruta u hoja de producción para corroborar que sea el correcto según la documentación, y poder iniciar el ensamble del producto.

4.4.2.2 Plasma:

Al componente *housing* se le debe hacer el plasma, que es una operación fuera del flujo del proceso. Dicha operación consiste en cerrar los poros del *housing* para evitar la filtración de humedad a la caja de alojamiento.

4.4.2.3 Configuración de SP:

En esta operación se ajusta el equipo según la información suministrada por medio de la hoja de ruta. En la figura 24 se muestra la SP (máquina de ensamblaje de un potenciómetro).

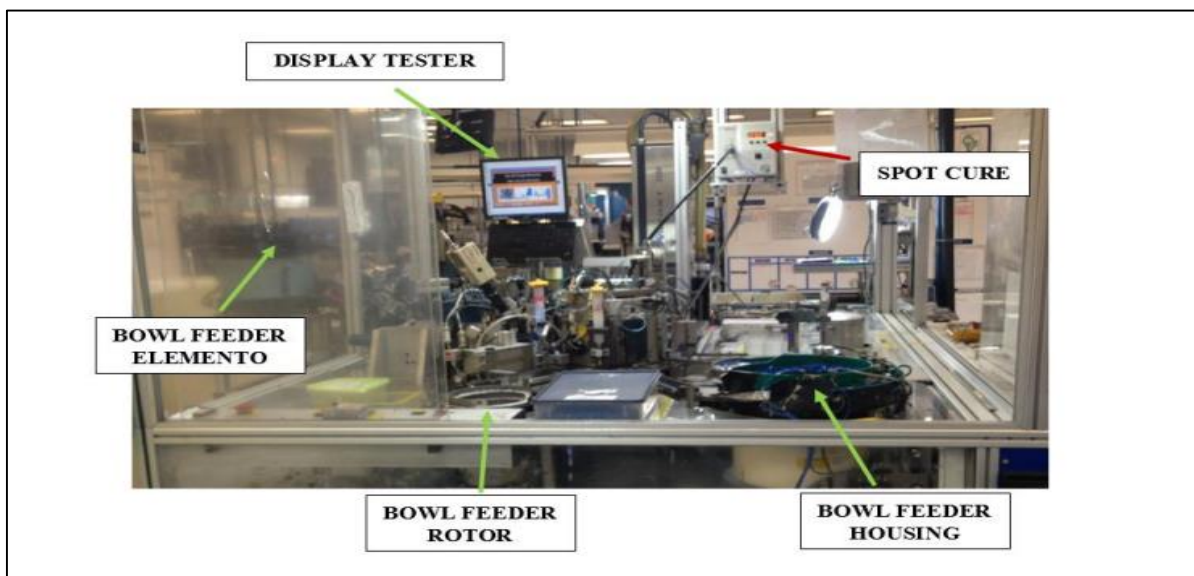


FIGURA 24

SP máquina de ensamblaje de potenciómetros

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.4 Lubricación del *housing*

Se lubrica el *housing* con el fin de evitar fricción al instalarse el rotor internamente en la caja de alojamiento. Se ilustra en la figura 25 la estación de lubricado de *housing*.



FIGURA 25

Lubricación de *housing*

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.5 Instalar el rotor y lubricar el contacto:

El rotor se instala en el *housing* y se lubrica el contacto para evitar el engranaje con la tinta resistiva, de forma que esta no se dañe. Se deben hacer inspecciones de proceso para asegurar la calidad del producto. En la figura 26 se muestra la estación de instalado de rotor y lubricado del contacto.



FIGURA 26

Instalado del rotor y lubricado del contacto

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.6 Instalar el elemento y asentamiento:

El elemento se ensambla dentro del *housing* asegurándose de que la instalación cumpla con la altura según la especificación del producto. En la figura 27 se muestra la estación de instalado del elemento.

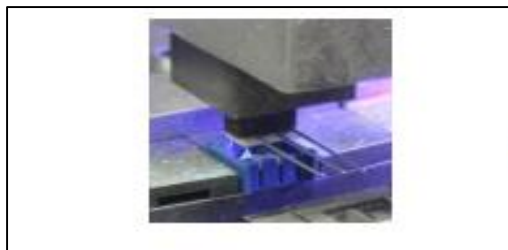


FIGURA 27

Instalado del elemento y asentamiento

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.7 Puntos UV:

Se realiza el dispensado de un anillo de cemento UV cuya función principal es evitar que el elemento se levante.

4.4.2.8 Posformación de los pines del elemento:

Se les da la formación a los pines del elemento según las especificaciones del producto; se deben verificar las dimensiones y estas deben estar dentro de las tolerancias establecidas. En la figura 28 se muestra la estación de posformado del potenciómetro.

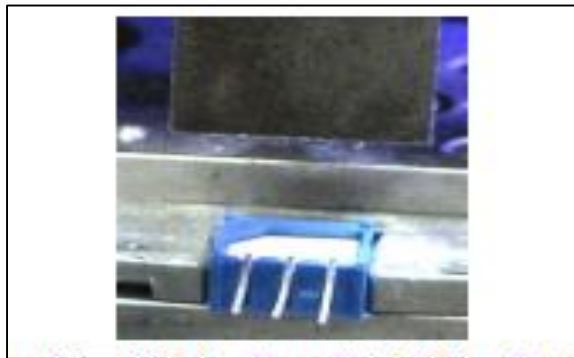


FIGURA 28

Posformado de los pines del elemento

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.9 Testeo estático:

Se le hace un testeo estático por medio de los pines del potenciómetro para descartar los defectos eléctricos más comunes. En la figura 29 se muestra la estación e ícono del programa de testeo estático para los potenciómetros.



FIGURA 29

Testeo estático de los potenciómetros

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.10 Pintura del *housing*:

Consiste en hacer una impresión sobre la pieza del *housing*, donde se desglosa al cliente el número de parte del material o modelo, código de la resistencia, fecha y país de manufactura.

4.4.2.11 Epoxi:

Luego de ser pintadas las piezas, estas pasan a la estación de epoxi o cemento para ser cementadas. En la figura 30 se muestra la estación de cementado.

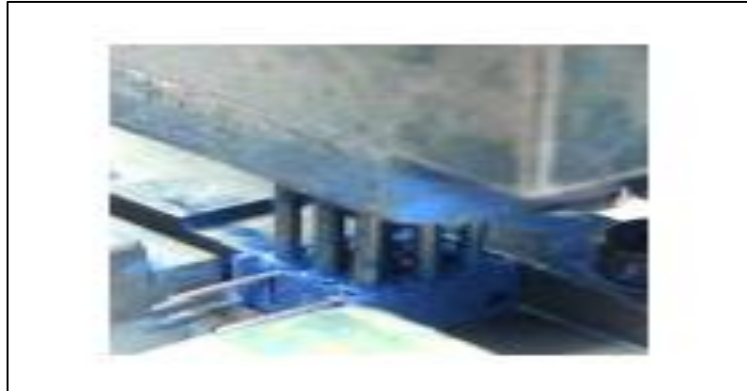


FIGURA 30

Dispensado de epoxi

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.12 Horno:

Se realiza el curado de las piezas en el horno transportador durante una hora y 20 minutos aproximadamente, a 150 °C.

4.4.2.13 *Shaft insert* o inserción del eje:

Después de terminar el proceso de curado se procede a introducir el *shaft* en los potenciómetros y hacer un testeo 100% eléctrico según la resistencia del producto, por medio de la máquina de *shaft insert* como se muestra en la figura 31.

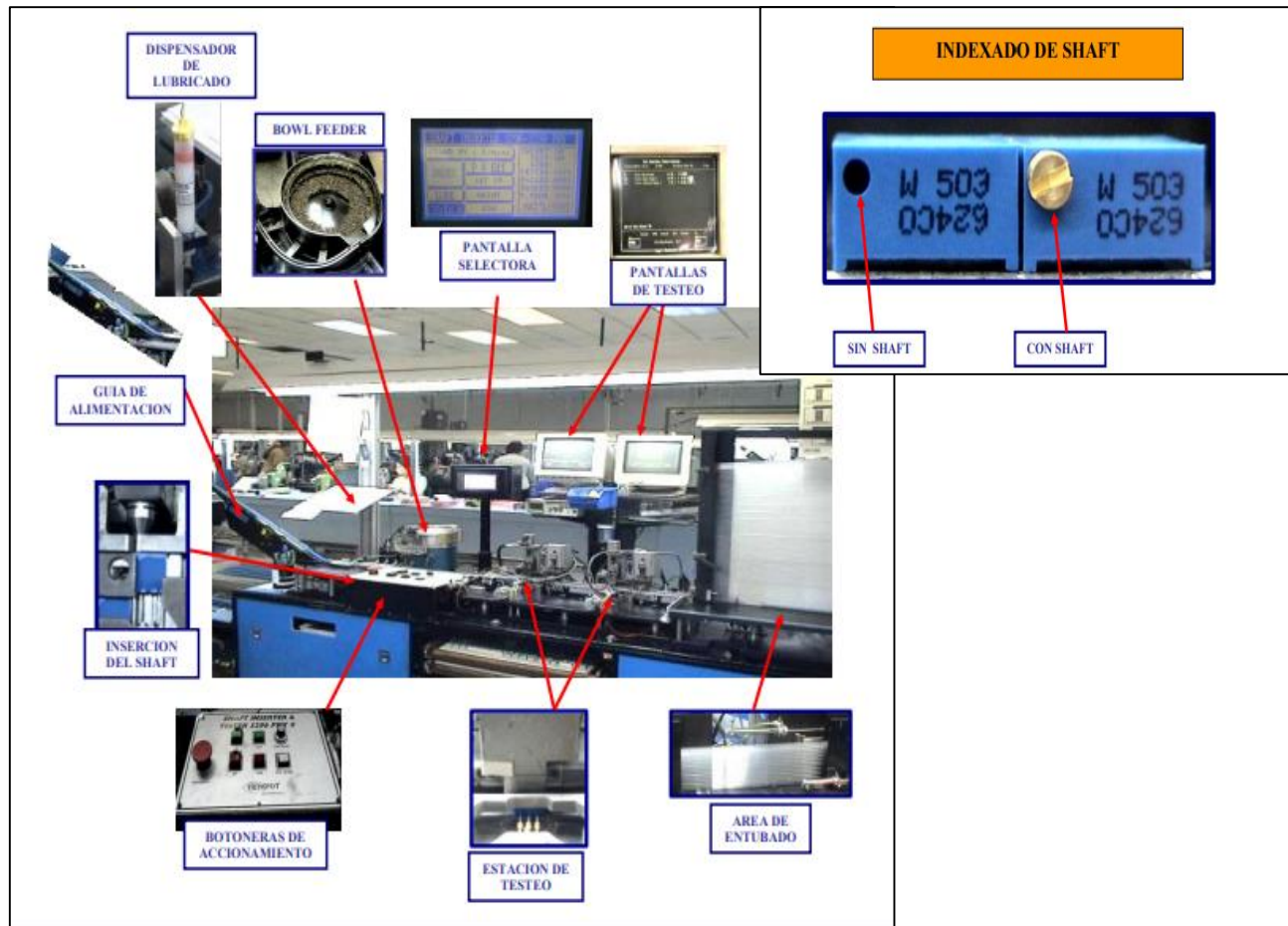


FIGURA 31

Máquina de *shaft insert*

Fuente: Departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.14 Empaque, pegado de *label* e inspección 100% visual

Adicionalmente a la operación de *shaft insert* se debe realizar la operación de empaque, pegado de *label* según la hoja de ruta e inspección visual 100% del producto, como se puede ver en la figura 32.



FIGURA 32

Empaque, pegado de *label* e inspección 100% visual

Fuente: Departamento de manufactura de Trimpot Electrónicas (2019).

4.4.2.15 Inspección visual y eléctrica de Control de Calidad:

El departamento de Control de Calidad toma una muestra de las piezas y la somete a una auditoría visual y eléctrica, además de verificar el empaque, etiquetado y documentación según la hoja de ruta del lote que se está auditando.

4.4.2.16 *Shipping* o bodega de producto terminado:

Al terminar de procesarse el lote en la operación de *shaft insert*, pasa al departamento de Producto Terminado, quienes hacen una verificación de la integridad del empaque del producto y toda la documentación (hoja de ruta) que pertenece al lote que se está verificando.

4.5 ANÁLISIS DE CAPACIDAD EFECTIVA DEL PERIODO QUE COMPRENDE DE ENERO HASTA OCTUBRE DEL 2019

Realizando un análisis de las OEE, por medio del sistema SIM, de las líneas automáticas que son las de volumen alto, se pudo cuantificar que la capacidad efectiva para ese periodo alcanzaba un 65% de forma global, como se desglosa en la tabla N° 2.

TABLA 2

Análisis de capacidad efectiva de las líneas automáticas de volumen alto. Enero a octubre del 2019

Modelo	Total de tiempo disponible en horas	Total de tiempo perdido en horas	% incidencias del tiempo disponible	% capacidad efectiva
Modelo 3296	3 684	1 290	35%	65%
Modelo 3386	3 440	1 162	34%	66%
Modelo 3224GJ	2 583	729	28%	72%
Modelo 3224WX	2 450	927	38%	62%
Modelo 3266 familia	2 370	814	34%	66%
Modelo 3362	1 859	723	39%	61%
Total general	16 386	5 645	35%	65%

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

Además, se logró determinar que el modelo 3296 fue el que tuvo el mayor tiempo de incidencias y tiempo disponible, y también es el de mayor volumen de producción.

4.6 ANÁLISIS DE PROGRAMACIÓN SEMANAL DE ENSAMBLE FINAL

Se verificaron las programaciones de ensamble final semanal para determinar que la mayor cantidad de programación se da en las líneas automáticas, por ser las de mayor volumen de producción (720.235 unidades por semana). En contraste, en las líneas manuales la programación es de 92.790 unidades y para las líneas semiautomáticas es de 86.680 unidades semanales.

La tabla N° 3 contiene la cantidad de programaciones semanales de las líneas automáticas, manuales y semiautomáticas, donde se verifica que las de mayor volumen son las líneas automáticas, y se brinda el detalle de las cantidades que se procesan en cada línea de producción.

TABLA 3.
Programación semanal de ensamble final Trimmers

RESUMEN DE PROGRAMACION SEMANAL DE ENSAMBLE FINAL TRIMMERS	
LINEAS AUTOMATICAS DE VOLUMEN ALTO	
CELDAS	PROGRAMACION SEMANAL EN UNIDADES
MODELO 3296	226000
MODELO 3262 FAMILIA	140421
MODELO WX	109445
MODELO 3362	87300
MODELO GJ	86149
MODELO 3386	70920
TOTAL	720235
LINEAS MANUALES	
CELDAS	PROGRAMACION SEMANAL EN UNIDADES
MODELO 3386	29900
MODELO 3360	25370
MODELO FAMILIA Y RJ26	18030
MODELO 3296 Y RJ25	13300
MODELO 3339	4000
MODELOS ESPECIALES	2190
TOTAL	92790
LINEAS SEMIAUTOMATICAS	
CELDAS	PROGRAMACION SEMANAL EN UNIDADES
OCTAGONAL	50000
MODELO 3361	30380
MODELO 3223	6300
TOTAL	86680

Fuente: Departamento de Programación, Trimpot Electrónicas (2019).

Al hacer el análisis de las programaciones semanales se logró determinar que el 80% corresponde a las líneas automáticas, dejando claro que son las de volumen más alto de producción. En el caso de las líneas manuales, es de un 10%, y otro 10% para las líneas semiautomáticas, como se muestra en el gráfico de la figura 33.

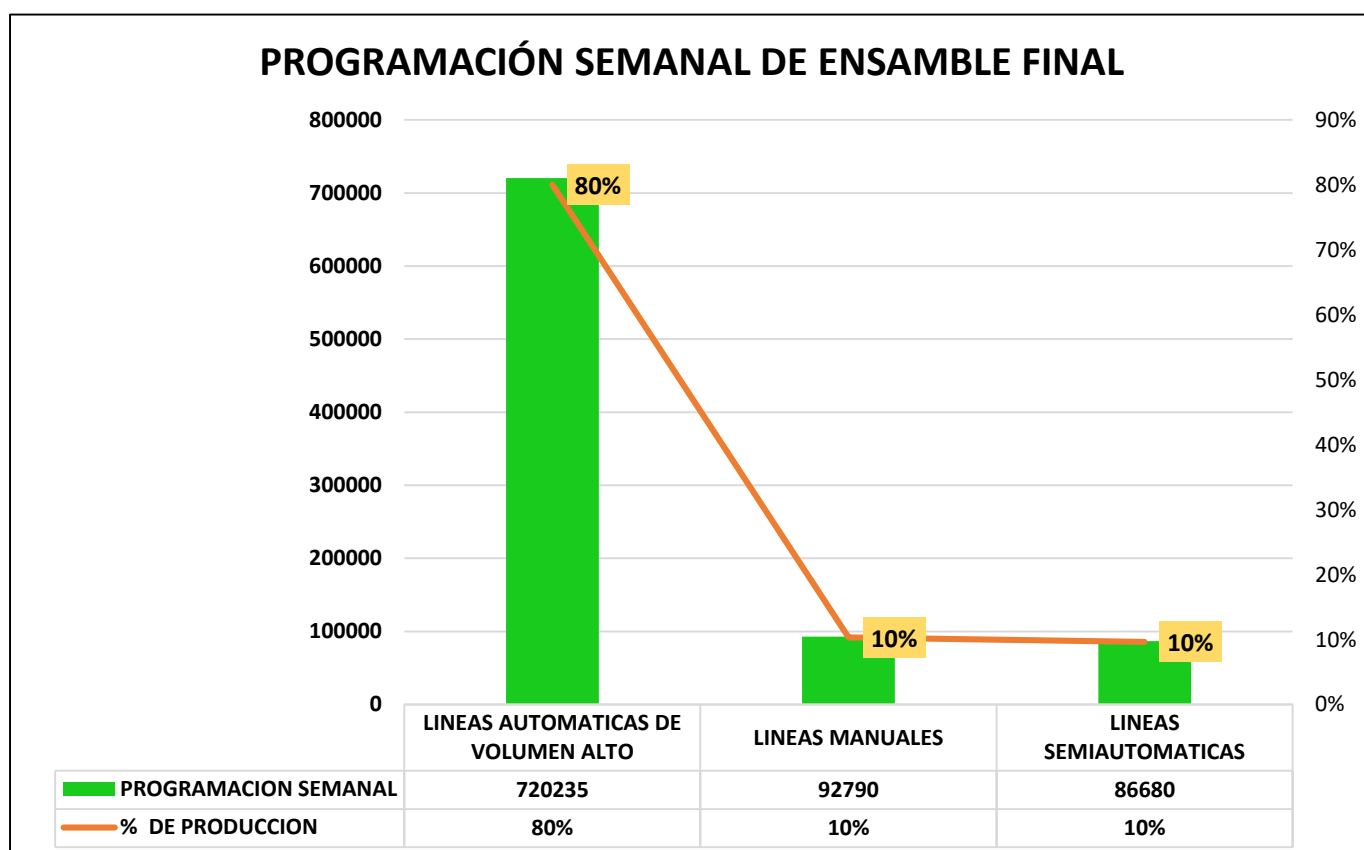


FIGURA 33

Programación semanal de ensamblaje final de las líneas automáticas, manuales y semiautomáticas del 2019

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

4.7 ANÁLISIS DEL TIEMPO TOTAL DISPONIBLE DE LAS LÍNEAS AUTOMÁTICAS VS. TIEMPO TOTAL DE INCIDENCIAS

Se realizó un análisis de las OEE por medio del sistema SIM, y se logró cuantificar el total de horas disponibles vs. el total de horas perdidas en el periodo que comprende de enero a octubre del 2019 en los modelos de las líneas automáticas. Dio como resultado que el modelo 3296, por tener mayor volumen de producción y presentar el mayor volumen de incidencias, se eligió como celda piloto para iniciar con el análisis e implementación del proyecto Level Up. Dicha decisión se tomó de forma unánime junto con el departamento de Producción y el coordinador de Producción.

Las tablas N°4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 presentan resumidamente la información correspondiente a cada uno de los modelos en estudio.

TABLA 4

Resumen del total de tiempo disponible y el total de tiempo perdido de los modelos de las líneas automáticas. Enero a octubre 2019

Modelo	Total de tiempo disponible en horas	Total de tiempo perdido por incidencias en horas
Modelo 3296	3684	1290
Modelo 3386	3440	1162
Modelo 3224GJ	2583	729
Modelo 3224WX	2450	927
Modelo 3266 familia	2370	814
Modelo 3362	1859	723
Total general	16 386	5 645

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

TABLA 5

Resumen de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias del modelo 3296. Enero a octubre 2019

MODELO 3296					
MESES	TIEMPO DISPONIBLE EN HORAS	INCIDENCIAS			SUBTOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS
		TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS	TIEMPO CAÍDO EN HORAS	TIEMPO PERDIDO EN HORAS	
Enero	384	55	42	55	152
Febrero	394	53	26	60	139
Marzo	361	58	29	27	113
Abril	534	69	80	60	210
Mayo	355	51	33	44	128
Junio	522	60	61	29	150
Julio	432	49	51	36	135
Agosto	279	31	45	45	122
Septiembre	217	24	28	24	75
Octubre	206	25	23	17	65
TOTALES DEL TIEMPO DISPONIBLE E INCIDENCIAS EN HORAS	3684	473	418	398	1290

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

TABLA 6

Resumen de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias del modelo 3224 GJ. Enero a octubre 2019

MODELO 3224 GJ					
MESES	TIEMPO DISPONIBLE EN HORAS	INCIDENCIAS			SUBTOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS
		TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS	TIEMPO CAÍDO EN HORAS	TIEMPO PERDIDO EN HORAS	
Enero	195	26	23	13	62
Febrero	192	24	11	14	49
Marzo	204	25	17	16	57
Abril	268	22	29	37	88
Mayo	335	28	19	40	87
Junio	400	31	33	27	91
Julio	331	30	30	23	83
Agosto	112	13	11	10	34
Septiembre	217	19	28	16	63
Octubre	330	25	40	52	116
TOTALES DEL TIEMPO DISPONIBLE E INCIDENCIAS EN HORAS	2583	241	240	248	729

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

TABLA 7.

Resumen de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias del modelo 3224 WX. Enero a octubre 2019

MODELO 3224 WX					
MESES	TIEMPO DISPONIBLE EN HORAS	INCIDENCIAS			SUBTOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS
		TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS	TIEMPO CAÍDO EN HORAS	TIEMPO PERDIDO EN HORAS	
Enero	263	45	18	40	103
Febrero	252	54	18	25	97
Marzo	295	57	19	38	113
Abril	245	39	19	38	95
Mayo	239	34	19	54	107
Junio	318	45	18	44	107
Julio	319	46	26	37	109
Agosto	191	24	21	22	67
Septiembre	164	13	25	27	65
Octubre	164	22	13	28	63
TOTALES DEL TIEMPO DISPONIBLE E INCIDENCIAS EN HORAS	2450	379	196	352	927

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

TABLA 8.

Resumen de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias del modelo 3262 familia. Enero a octubre 2019

MODELO 3262 FAMILIA					
MESES	TIEMPO DISPONIBLE EN HORAS	INCIDENCIAS			SUBTOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS
		TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS	TIEMPO CAÍDO EN HORAS	TIEMPO PERDIDO EN HORAS	
Enero	268	28	19	37	84
Febrero	325	36	19	29	83
Marzo	192	23	8	20	51
Abril	210	31	25	29	86
Mayo	379	54	24	43	121
Junio	301	44	16	30	90
Julio	224	32	24	38	94
Agosto	175	26	21	25	72
Septiembre	141	25	18	21	64
Octubre	156	21	18	31	70
TOTALES DEL TIEMPO DISPONIBLE E INCIDENCIAS EN HORAS	2370	319	192	304	814

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

TABLA 9

Resumen de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias del modelo 3386. Enero a octubre 2019

MODELO 3386					
MESES	TIEMPO DISPONIBLE EN HORAS	INCIDENCIAS			SUBTOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS
		TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS	TIEMPO CAÍDO EN HORAS	TIEMPO PERDIDO EN HORAS	
Enero	201	31	22	13	65
Febrero	473	66	75	43	184
Marzo	526	81	78	55	214
Abril	370	56	32	31	118
Mayo	507	65	78	27	170
Junio	359	50	38	23	110
Julio	366	54	27	15	96
Agosto	225	27	27	16	70
Septiembre	193	23	29	15	67
Octubre	220	29	19	21	69
TOTALES DEL TIEMPO DISPONIBLE E INCIDENCIAS EN HORAS	3440	481	424	257	1162

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

TABLA 10

Resumen de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias del modelo 3362. Enero a octubre 2019

MODELO 3362					
MESES	TIEMPO DISPONIBLE EN HORAS	INCIDENCIAS			SUBTOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS
		TIEMPO PROGRAMADO EN HORAS	TIEMPO CAÍDO EN HORAS	TIEMPO PERDIDO EN HORAS	
Enero	271	39	16	31	85
Febrero	301	37	19	28	84
Marzo	215	33	35	36	103
Abril	209	21	36	49	106
Mayo	221	27	21	38	86
Junio	211	29	30	28	87
Julio	176	23	15	20	58
Agosto	138	19	18	20	58
Septiembre	47	7	5	8	20
Octubre	71	9	9	17	35
TOTALES DEL TIEMPO DISPONIBLE E INCIDENCIAS EN HORAS	1859	243	205	275	723

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

Después de detallar por cada mes de enero a octubre del 2019 el total de tiempo disponible y total de tiempo perdido por incidencias en cada uno de los modelos de las líneas de volumen alto, se hizo un resumen global de los datos de los seis modelos, con el fin de apreciar gráficamente que el modelo 3296 es el que tiene mayor volumen de producción y, por ende, mayor tiempo perdido por incidencias que el resto de las líneas. Esto se localiza en el gráfico de la figura 34.

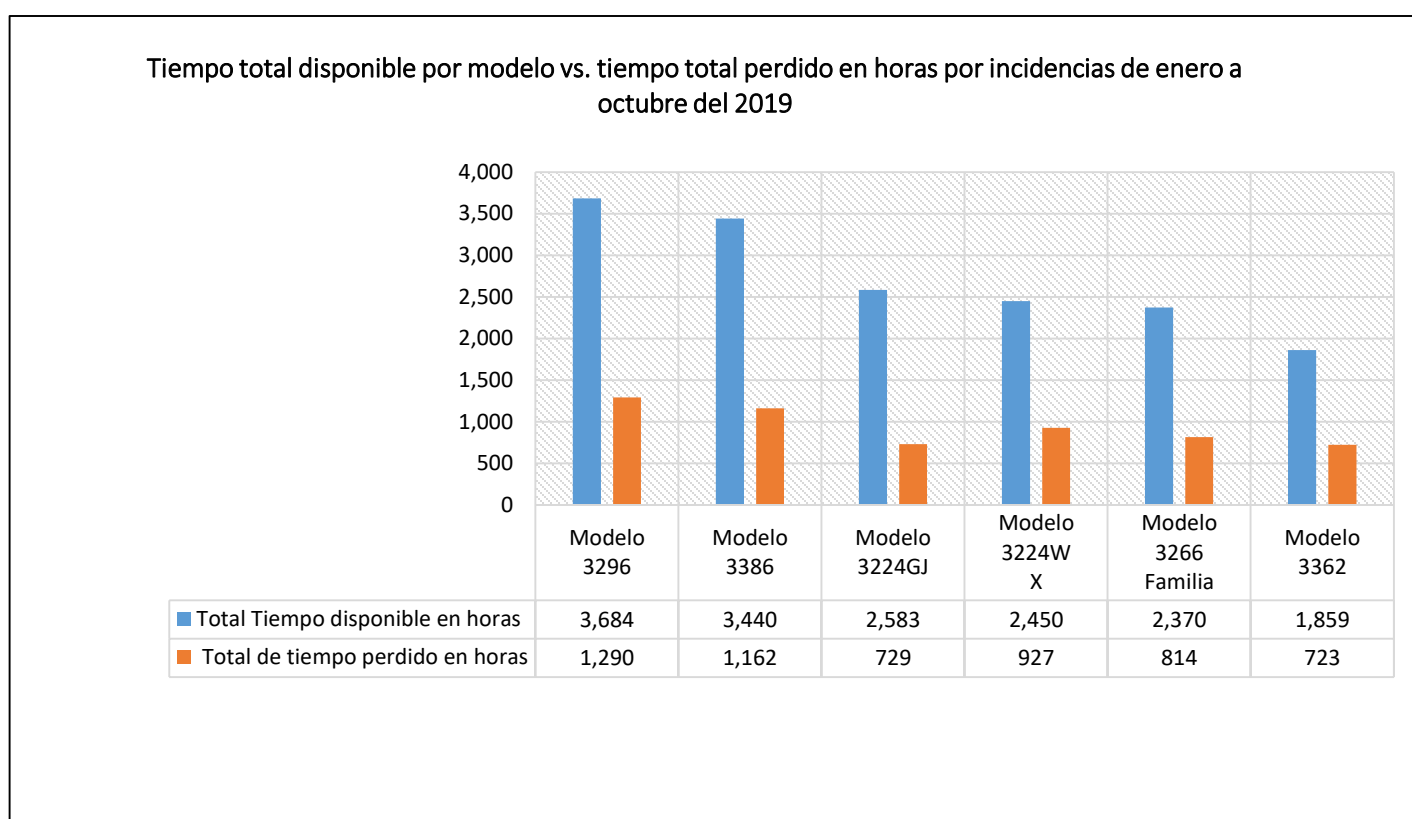


FIGURA 34

Resumen de total de tiempo disponible vs. tiempo perdido por incidencias en cada modelo en las líneas automáticas de enero a octubre del 2019

Fuente: Sistema SIM de Trimpot electrónicas (2019).

4.8 ANÁLISIS DEL TOTAL DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN EL MODELO 3296, CELDA PILOTO

Estas incidencias del proceso son parte del problema que no permite que la capacidad efectiva aumente más del 65%, y para el periodo estudiado representa un 23% del total de tiempo perdido; esto equivale a 1290 horas en el modelo 3296 elegido como celda piloto (ver tabla N° 11).

TABLA 11

Análisis del total de tiempo perdido por incidencias en el modelo 3296, celda piloto

MODELO	Total de tiempo perdido en horas	% de incidencias
Modelo 3296, celda piloto	1290	23%
Modelo 3386	1162	21%
Modelo 3224 WX	927	16%
Modelo 3262 familia	814	14%
Modelo 3224 GJ	729	13%
Modelo 3362	723	13%
Total	5645	100%

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

Con fundamento en los anteriores datos, se pudieron determinar los porcentajes del tiempo perdido sobre el porcentaje total de incidencias de todas las líneas de volumen alto con el fin de elegir la celda que se utilizaría como plan piloto para el proyecto; en este caso, el modelo 3296.

4.9 ANÁLISIS DE LOS MAYORES CONTRIBUYENTES DE TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN EL MODELO 3296, CELDA PILOTO

Se efectuó un análisis de los contribuyentes de tiempo perdido por incidencias en el modelo 3296 más frecuentes y de mayor impacto en horas del periodo de enero a octubre del 2019, tal como pone de manifiesto la tabla N° 12.

TABLA 12

Análisis de los mayores contribuyentes de tiempo perdido por incidencias en el modelo 3296

TIPO DE INCIDENTE	TIEMPO PERDIDO POR INCIDENCIAS EN HORAS	PORCENTAJE INDIVIDUAL	PORCENTAJE ACUMULADO
Tiempos de descanso (operador)	302	30%	30%
Arranque y cierre de turno	169	17%	47%
Cambios de configuración	117	12%	59%
Cambio de materiales	72	7%	67%
Colocación deficiente del rotor	57	6%	72%
Falta de operador (ausencia)	41	4%	76%
<i>Housing</i> pegado en guía de <i>track</i>	30	3%	79%
<i>Housing</i> vuelto	27	3%	82%
Sistema de visión rechaza pintura	24	2%	85%
En espera de técnico con otra prioridad	22	2%	87%
Alto asentamiento	19	2%	89%
Espera de disposición	19	2%	91%
Elemento se pega en guía	18	2%	92%
Ajuste de lubricado	17	2%	94%
Problema de sensores	17	2%	96%
Pines dañados	14	1%	97%
Equipo detenido por falta de material	14	1%	99%
Problemas electrónicos	13	1%	100%
TOTAL	992	100%	

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

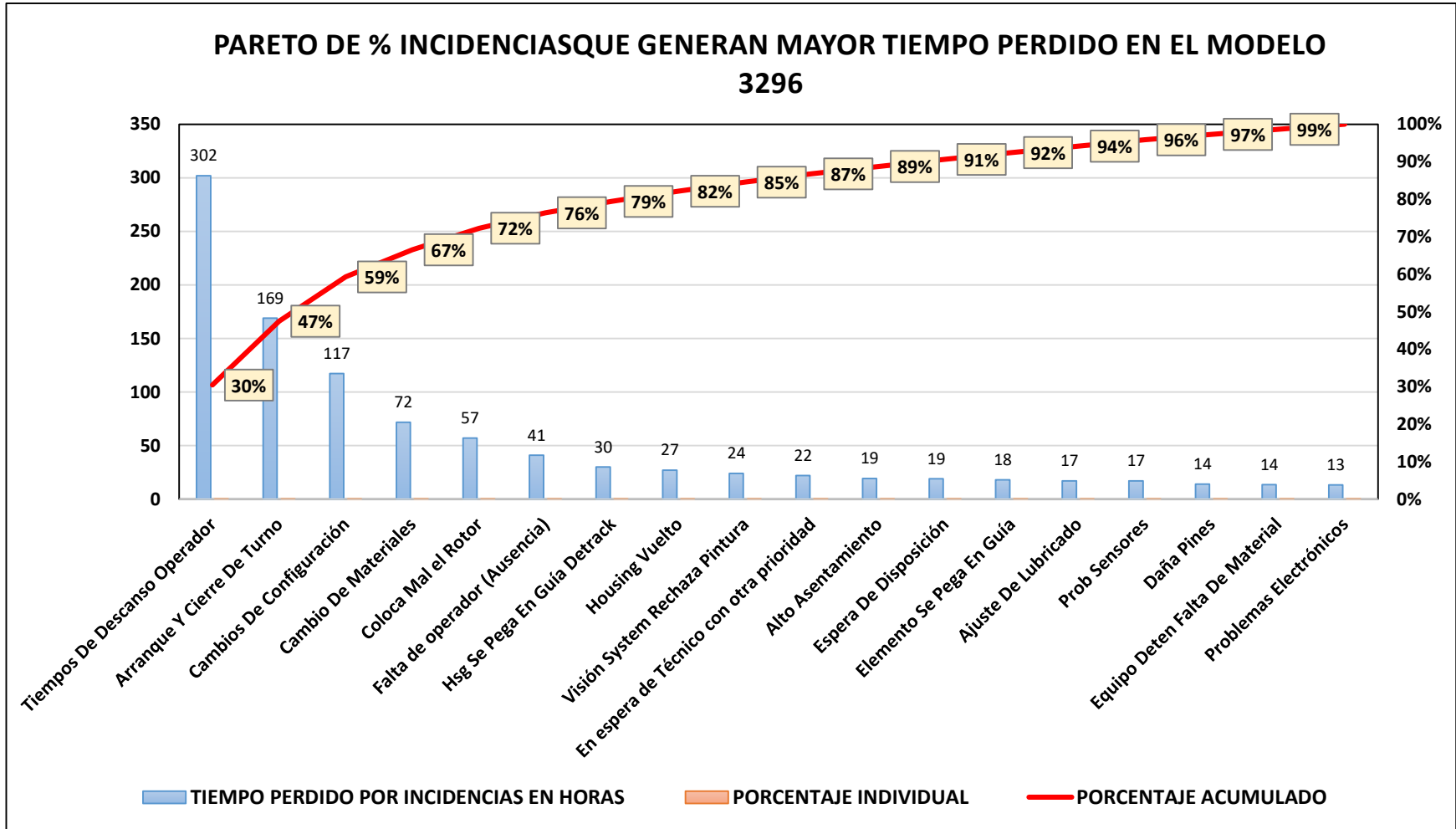


FIGURA 35

Porcentaje de incidencias más frecuentes en el modelo 3296, celda piloto

Fuente: Sistema SIM de Trimpot Electrónicas (2019).

Con base en la tabla N° 12 se elaboró un gráfico Pareto (figura 35) para registrar de una forma gráfica cuáles incidencias generan mayor tiempo perdido en dicha celda, y un análisis del gráfico permite evidenciar que más del 80% de tiempo perdido se debe a: tiempo de descanso del operario, arranque y cierre de turno, cambio de configuración y cambio de materiales, rotor mal colocado, falta de operario, *housing* pegado en la guía de *track*, y *housing* vuelto.

Por lo tanto, en las incidencias enumeradas anteriormente se centró el análisis y aplicaciones del proyecto Level Up con el fin de lograr mejorar la capacidad efectiva del modelo 3296.

4.9.1 Tiempos de descansos del operador:

Se logró evidenciar por medio de la observación que el peso de esta causa conlleva la necesidad de tener personal capacitado de forma cruzada entre las diferentes operaciones de dicha celda de trabajo, ya que la escasez de personal apto ocasiona que en estos tiempos muertos el equipo se detenga, ante la inexistencia de comodines o personal alternativo para hacer las cubiertas durante los recesos del personal operativo. Todo este tiempo perdido repercute en debilitar la celda y que su capacidad efectiva sea baja.

4.9.2 Arranque y cierre de turno:

El operador pierde de 15 a 20 minutos diarios al hacer el *setup* o preparación del equipo en el arranque y cierre de cada turno; esto genera tiempos muertos que ocasionan atrasos en la línea y, dado que no hay personal entrenado de forma cruzada, no se cuenta con nadie externo a la operación que los pueda hacer.

4.9.3 Cambio de materiales y cambio de configuración

Ambas causas se analizaron de forma conjunta, ya que van muy de la mano. Por intermedio del departamento de Programación, se analizó el *mix* de producción semanal y se encontraron cambios excesivamente recurrentes, al grado de que no se aprovechan al máximo los equipos para hacer corridas largas de un mismo número de parte. El tiempo que se pierde por estar cambiando de materiales y de configuraciones impacta de manera enorme, ya que en esta celda se procesan diferentes estilos de producto de acuerdo a los requerimientos de la clientela. También se logró evidenciar que los dos equipos de las SP están expuestos a constantes cambios, lo que genera innumerables atrasos y tiempos deficientes de los equipos por esta causa.

La figura 36 despliega el *mix* de producción actual de la SP 1 y SP 2 del modelo 3296, donde se denotan los constantes cambios en los dos equipos que desembocan en tiempo perdido. Las casillas marcadas en amarillo especifican dónde se dan los cambios de configuración: 11 cambios en total en el transcurso de una semana de producción.

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA.							
MODELO 3296 & 3299							
MIX DE PRODUCCION							
Fecha de inicio 1/6/2020		WK - 1					
	1/6/2020	1/7/2020	1/8/2020	1/9/2020	1/10/2020	1/11/2020	
SP #1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
3296P				9 910	25 960		35 870
3296W		15 940	19 040				34 980
3296Y			9 510	19 100			28 610
PV36W	24 310	11 460					35 770
Total SP	24 310	27 400	28 550	29 010	25 960	-	135 230
SP #2	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
3296X	15 280						15 280
3296Z		8 310					8 310
3299W			18 280	18 550	2 140		38 970
3299W-DU1					16 160		16 160
3299X		4 040					4 040
3299Y		2 020	700				2 720
3299Z		4 640					4 640
Total SP	15 280	19 010	18 980	18 550	18 300	-	90 120

FIGURA 36

Mix de producción de la SP # 1 y SP # 2 del modelo 3296

Fuente: Departamento de Programación, Trimpot Electrónicas (2020).

También se encontró que en las SP se carece de un procedimiento en cada estación para llevar a cabo los cambios, ajustes y modificaciones según la configuración que se vaya a ejecutar. Tampoco existe ningún registro histórico de los datos que indiquen la duración de cada uno de los cambios de configuración o estilos. Esto genera

que el técnico opte por demorarse excesivamente en cada cambio y haciendo un uso deficiente de los equipos, en menoscabo de la capacidad efectiva.

4.9.4 Coloca mal el rotor

Se logró detectar, junto con soporte de Servicios Técnicos, que el sistema de transferencia al ser fijo y de poca flexibilidad da muchos problemas de instalado del rotor a la caja de alojamiento (*housing*), y también porque el diseño del nido del rotor no está adaptado a la salida de la estación siguiente.

En la figura 37 se muestra en qué parte de la estación de instalado de rotor se origina el problema, por lo que debe ser modificada.

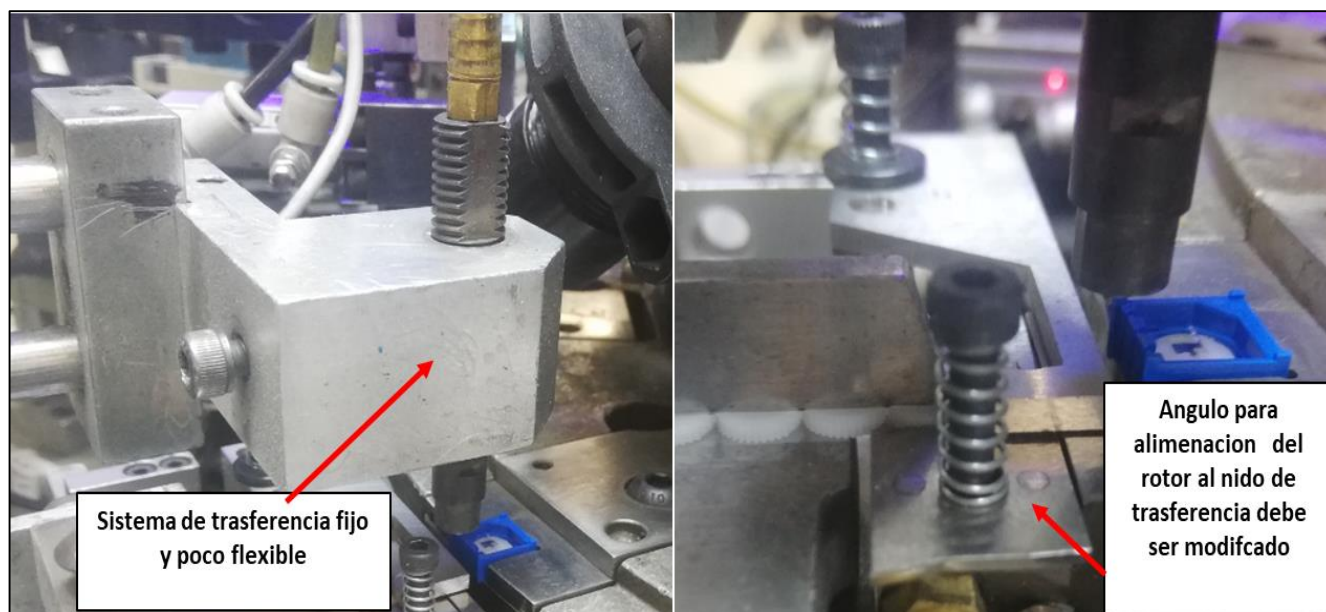


FIGURA 37

Colocación defectuosa del rotor

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimptot Electrónicas (2019).

4.9.5 Falta de operario (ausentismo)

Queda establecido, por medio de la observación, que es una imperiosa necesidad disponer de personal capacitado de forma cruzada entre las operaciones de dicha celda de trabajo. Los tiempos perdidos por ausentismo del personal operativo (que obedecen a enfermedad o a cualquier situación imprevista) generan atrasos en la línea de producción que llevan a sobretiempos para poder cumplir con el *mix*, y esto deteriora notablemente la eficiencia de la celda.

4.9.6 *Housing* pegado en la guía de *track* y *housing* vuelto:

Al hacer el análisis se encontró que la selección en la parte final del *bowl feeder* (alimentador) no cumple con los estándares, por lo que permite que el *housing* vuelto pase y se pegue en la guía de *track*, generando constantes reportes por esta causa. En la figura 38 se muestra la parte final de selección del *housing* o caja de alojamiento y los atascos que se generan en la guía de *track* o salida a la mesa rotativa.



FIGURA 38

Selector de carga de *housing* ineficiente

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

CAPÍTULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 PROPUESTAS DE MEJORA

En el capítulo precedente se definieron las principales causas que generan tiempo perdido; posteriormente se analizaron y se determinó cuáles factores serían trabajados por medio del personal operativo y cuáles por parte del departamento de Servicios Técnicos, departamento de Producción y departamento de Programación.

A continuación, en la tabla 13 se presenta un cuadro con las principales causas trabajadas en el proyecto, la propuesta y observaciones.

TABLA 13

Propuesta de mejoras y observaciones

CAUSAS	PROPUESTA DE MEJORA	OBSERVACIONES
Tiempos de descanso del operador	Implementar entrenamientos cruzados.	Tener comodines en la celda facilita cubrir los descansos para eliminar tiempo perdido por esta causa.
Arranque y cierre de turno	Implementar capacitaciones a personal que se encargue en cada turno de los <i>setups</i> de las SP.	Con personal preparado en cada turno para los <i>setups</i> de arranques se logra eliminar los tiempos perdidos por esta causa.
Cambios de configuración y de materiales	Con soporte de Programación, dejar una SP para cambios y la otra SP para la configuración con mayor volumen (en este caso, la W). También hacer un control detallado de ajustes y modificaciones y una matriz de los tiempos que consume cada uno.	Destinar una SP solo para cambios y otra especializada en una configuración agiliza la salida del producto. Asimismo, llevar un control de los cambios es una herramienta útil para el personal del modelo y sirve como guía para cualquier persona externa al proceso. Por medio de una matriz de tiempos de cambios se puede tener un panorama claro de cuánto es el tiempo adecuado considerando la capacidad del equipo.
Colocación deficiente del rotor	Introducir mejoras en el sistema de transferencia e instalado del rotor para eliminar los reportes recurrentes por esta causa.	Mantener el equipo en condiciones óptimas y estables para minimizar o eliminar las causas de reportes constantes y potenciar la productividad.
Falta de operador (ausencia)	Implementar entrenamientos cruzados.	Disponer de comodines en la celda hace posible cubrir las ausentismos eliminando el tiempo perdido por esta causa.
Housing pegado en la guía de track y housing vuelto	Instalar un sensor selector en la parte fija del <i>bowl feeder</i> que impida y filtre el 100% de los <i>housings</i> vueltos.	Mantener el equipo en condiciones óptimas y estables para minimizar o eliminar las causas de reportes constantes y potenciar la productividad.

Fuente: Elaboración propia (2020).

5.1.1 En los siguientes puntos se detalla por qué en algunos casos se complementan las causas trabajadas:

- En la causa de tiempos de descanso de operador y falta de operador (ausencias), estas dos se complementaron para hacer la propuesta de mejora por medio de la implementación de entrenamientos cruzados, ya que ambas podrán ser eliminadas por dicha propuesta.
- En lo tocante a los cambios de configuración y cambios de materiales, se complementaron en la propuesta de mejora porque están intrínsecamente relacionados, y se les aplicaron todas las mejoras que se especifican en la tabla N° 13.
- Respecto a los desaciertos en la colocación del rotor, se implementaron mejoras en el sistema de transferencia para eliminar los reportes que se generan recurrentemente por dicha causa.
- Con relación a los arranques y cierres de turno, se contratará una persona para que se encargue de hacer el *setup* en ambos momentos y con esto eliminar el tiempo perdido por esta causa.
- Finalmente, el tema del *housing* que se pega en la guía de *track* y *housing* vuelto también se complementan, porque con la propuesta de colocar un sensor selector en la parte fija del *bowl feeder* se eliminara ambas causas.

5.1.2 Tiempos de descanso del operador y falta de operario:

Como se expuso anteriormente, es crucial trabajar con el personal operativo para implementar entrenamientos cruzados de manera que eso facilite y ayude en gran medida a minimizar los tiempos perdidos por los recesos y ausentismos, logrando así que los equipos permanezcan trabajando en el total de la jornada laboral y con ello incrementen su capacidad efectiva.

Por tal razón se elaboró la matriz Gantt que se muestra en la figura 42, con el fin de llevar a cabo entrenamientos cruzados en el modelo 3296 para poder cubrir todos los tiempos perdidos por los recesos justificados y ausentismos del personal. Dicho plan piloto se inició a partir de la semana #49, el día 9 de diciembre del 2019, y culminó con todos los entrenamientos en la semana #8 (29 de febrero del 2020).

5.1.2.1 Análisis de costo-beneficio:

TABLA 14

Análisis de costo de no producir durante los tiempos de descanso de operador y falta de operador (ausencias), durante el periodo del 2019

Costos de no producir durante los tiempos de descanso y falta de operario						
Causas	Total de horas perdidas de enero a octubre del 2019	Estándar de unidades por hora	Total de piezas que se dejaron de hacer en el periodo de enero a octubre 2019	Costo de una pieza en dólares	Valor en dólares de piezas que se dejaron de hacer en el periodo de enero a octubre del 2020	Valor anual en dólares
Descansos del operador	302	2200	664400	\$0,14	\$93016	\$111619,20
Falta de operario	41		90200		\$12628	\$15153,60
				Total	\$105 644	\$126 772,80

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la tabla N° 14 está explicado detalladamente el análisis de costos de no producir por la causa tiempos de descanso de operador y falta de operador. Se verificó el costo que implicaba el entrenamiento para la cobertura de las dos causas que se pretende mejorar con esta propuesta. El tiempo perdido por tiempos de descanso de operador era de 302 horas, y por falta de operario eran 41 horas; sumando las dos causas obtuvo un total de 343 horas entre enero y octubre del 2019.

Los estándares por hora de las SP están en 2200 unidades por hora; de modo que multiplicando las 343 horas de tiempo perdido por las dos causas mencionadas la cifra equivale a 754.600 unidades. Ahora bien, como el costo de cada pieza del modelo 3296 son \$0,14, al multiplicar 754.600 (el total de piezas) por el valor de una sola pieza, eso da como resultado que durante el periodo de enero a octubre del 2019 el valor por dejar de producir por los tiempos de descanso y falta de operario fue de \$105.644. Dicha cifra a su vez se calculó a un valor anual que dio como resultado \$126773; su cálculo se hizo dividiendo los \$105.644 entre 10, que son los meses en que se desarrolló el estudio en el 2019; y por último, el resultado de esa división se multiplicó por 12 –que equivale a los meses de un año–, para sacar un dato anual.

TABLA 15

Costo de inversión en cobertura de tiempos de descanso y falta de operario (ausentismo)

Costo de inversión en entrenamientos para cobertura de tiempos de descanso y falta de operario				
Entrenamientos	Operación	Horas invertidas en entrenamientos	Costo de un operario por hora en dólares	Costos del total de las Horas invertidas en dólares
Operaciones	SP	192	\$4,79	\$919,68
	Shaft insert	432		\$2069,28
			Total	\$2988,96

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la tabla N° 15 se describe detalladamente el análisis del costo de inversión que se va aplicar en esta mejora. El costo de inversión del entrenamiento de 1 operario de SP, que comprende 48 horas por semana durante 4 semanas, para un total de 192 horas de capacitación, se calcula multiplicando por el costo de un operario por hora que equivale a \$4,79¹, lo cual asciende a \$919,68. Y para 3 operarios de *shaft insert*, a los que se dedicarían 48 horas durante 9 semanas (432 horas de capacitación), se multiplican por el costo de un operario por hora y se llega al total de \$2069,28.

¹ Información suministrada por parte del departamento de Manufactura de Trimpot Electrónicas.

Finalmente se toman ambos costos de inversión en dichas operaciones y la sumatoria da un total de \$2.988,96 para hacer la cobertura de los tiempos de descanso de los operarios y ausencias de estos.

En la figura 39 se despliega la cantidad de semanas que estará capacitándose al personal para las coberturas. Las casillas correspondientes a dichas semanas están identificadas con color amarillo y la indicación de Ent. P.; esto es “entrenamiento en proceso”.

PLAN DE ENTRENAMIENTO EN LA CELDA PILOTO 3296 PROYECTO LEVEL UP													
ACTIVIDADES	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL DEL MODELO 3296												
	AÑO 2019				AÑO 2020								
	Week48	Week49	Week50	Week51	Week01	Week02	Week03	Week04	Week05	Week06	Week07	Week08	Week09
Entrenamiento operarios en SP y Shaft Insert para Cubrir Tiempos de Descanso y Falta de operarios													
E. Marcela Zúñiga Turno C													
SP # 1 del 99/96					Ent.P								
						Ent.P							
							Ent.P						
								Ent.P					
									Ent				
F. Kathia Hidalgo													
Shaft Insert	Ent												
G. Esteban Arguedas													
Shaft Insert						Ent.P							
							Ent.P						
								Ent.P					
									Ent				
H. Estrella Alpizar													
Shaft Insert	Ent												
I. Ana Lopez													
Shaft Insert	Ent												
J. Karina Sanchez													
Shaft Insert							Ent.P						
								Ent.P					
									Ent.P				
										Ent			
K. Daisy Martinez													
Shaft Insert										Ent.P			
											Ent.P		
												Ent.P	
													Ent
	Ent.P	Entrenamiento en proceso											
	Ent	Entrenado											

FIGURA 39

Semanas de entrenamiento del personal para la cobertura de tiempos de descanso y falta de operario

Fuente: Elaboración propia (2020).

TABLA 16

Costo de inversión de los participantes en el análisis y ejecución de la mejora

Costo de inversión de los participantes en el análisis y ejecución de mejora			
Personal que participó	Tiempo invertido	Costo por hora en dólares	Costo del total de las horas invertidas en dólares
Ingeniero Junior	10	\$7,30	\$73
Operario capacitador del personal	144	\$4,79	\$689,76
		Total	\$762,76

Fuente: Elaboración propia (2020).

La tabla N° 16 proporciona detalladamente el costo de inversión del personal involucrado en el análisis y ejecución de la mejora: \$762,76, cifra que se obtuvo de multiplicar el total de horas invertidas por el costo por hora del personal que participó. Se necesitó que el ingeniero junior aportara 10 horas, las cuales multiplicadas por el costo por hora, que es de \$7,30², representan \$73. Por su parte, el operario capacitador del personal dedicó 144 horas que, multiplicadas por su costo por hora que equivale a \$4,79, dieron como resultado \$689,76.

² Información fue suministrada por parte del departamento de Manufactura.

TABLA 17

Beneficio anual de trabajar sin tiempos de descanso ni falta de operario

Beneficio de trabajar sin tiempos de descanso ni falta de operario	
Valor anual en dólares de piezas que se dejaron de hacer	\$126772,80
Costo de la capacitación	\$2988,96
Costo de inversión de los participantes en el análisis y ejecución de la mejora	\$762,76
Beneficio anual	\$123021,08

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se muestra en la tabla N° 17, el beneficio obtenido con esta propuesta equivale \$123.021,08; cifra que se alcanzó al restarle al valor anual en dólares de las piezas que se dejaron de hacer (\$126.772,80) menos el costo de inversión en las capacitaciones (\$2988,96) y además menos el costo de inversión del personal que participo en el análisis y ejecución de la mejora (\$762,76).

5.1.3 Arranque y cierre de turno

Por medio de esta propuesta se pretende que un operario especializado en hacer los *setups* sea un factor para ganar los tiempos perdidos por los arranques y cierres de turno, logrando así que los equipos se mantengan ocupados a lo largo de toda la jornada laboral, y ello redundará una mayor capacidad efectiva.

Actualmente solo hay dos turnos: el I y el III, ya que el II turno fue eliminado con el fin de ahorrar energía, porque había picos muy elevados de corriente en el lapso de 5 pm a 8 pm, y significaban un gasto alto para la compañía. Solo hay algunas áreas manuales que trabajan en ese turno, pero consumen el mínimo de energía.

El operario especializado se mantendrá en el II turno y sus funciones serán: encargarse de hacer la purga final de los equipos al cierre del I turno, y efectuar los *setups* de arranque del III turno.

En este caso se hizo una matriz de Gantt –la que se exhibe en la figura 43– con el fin de llevar a cabo un entrenamiento especializado de un operador para que haga los *setups* y poder llevar a cabo la propuesta de mejora. Dicha propuesta se hizo efectiva a partir de la semana 16, concretamente el 20 de abril, cuando se contrató este requerimiento y se inició su capacitación.

5.1.3.1 Análisis de costo-beneficio

TABLA 18

Resumen de tiempos perdidos por arranque y cierre de turno. Enero a octubre del 2019

Tiempos perdidos por la causa "arranque y cierre de turno" durante el periodo de enero a octubre del 2019	
Meses	Tiempo perdido en horas
Enero	23
Febrero	21
Marzo	18
Abril	25
Mayo	14
Junio	24
Julio	18
Agosto	10
Septiembre	7
Octubre	9
Total	169

Fuente: Elaboración propia (2020).

En este rubro se verificó el costo que implicaba la capacitación para eliminar la causa en la que se enfoca esta propuesta. El tiempo perdido por arranque y cierre de turno en total era de 169 horas distribuidas de enero a octubre del 2019.

TABLA 19

Análisis de costo de no producir en los tiempos de arranque y cierre de turno durante el periodo del 2019

Costos de no producir durante los arranques y cierres de turno						
Causas	Total de horas perdidas de enero a octubre del 2019	Estándar de unidades por hora	Total de piezas que se dejaron de hacer de enero a octubre 2019	Costo de una pieza en dólares	Valor en dólares de piezas que se dejaron de hacer de enero a octubre del 2019	Valor anual en dólares
Arranque y cierre de turno	169	2200	371.800	\$0,14	\$52.052	\$62.462,40
					Total	\$62.462,40

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los estándares de las SP están en 2200 unidades por hora; multiplicadas por las 169 horas de tiempo perdido por el arranque y cierre de turno equivale a 371.800 unidades. Como ya se consignó, el costo de una pieza del modelo 3296 está en \$0,14; al multiplicar el total de piezas por el costo de una pieza eso nos da que entre enero y octubre del 2019 el costo de dejar de producir por el tiempo de arranque y cierre de turno fue de \$52.052. Dicha cifra se calculó a un valor anual por \$62462,40; su cálculo se hizo dividiendo los \$52.052 entre 10, que son los meses en que se hizo el periodo de estudio en el 2019, y por último el resultado de esa división se multiplicó por 12 meses, para sacar un dato anual.

TABLA 20

Costo de inversión en capacitaciones para cobertura de tiempos de arranque y cierre de turno

Costo de inversión en capacitaciones para cobertura de tiempos de arranque y cierre de turno				
Capacitación	Operación	Horas invertidas en capacitaciones	Costo en dólares de un operario por hora	Costo de los entrenamientos
Operaciones	<i>Setup de equipos</i>	480	\$4,79	\$ 2.299,20
			Total	\$ 2.299,20

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la tabla N° 20 se ofrece en detalle el análisis del costo de inversión proyectado para esta mejora. El costo de inversión de capacitar 1 operario de SP, que comprende 48 horas semanales durante 10 semanas (un total de 480 horas), se obtiene multiplicando ese número de horas por el costo de un operario por hora, que equivale a \$4,79. Y así se llega a un total de \$2299,20.

PLAN DE ENTRENAMIENTO EN LA CELDA PILOTO 3296 SET UP D EQUIPOS											
ACTIVIDADES	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL DEL MODELO 3296 PARA LOS SET UP										
Entrenamiento operario SP y Set up de los equipos	Week16	Week17	Week18	Week19	Week20	Week21	Week22	Week23	Week24	Week25	Week26
Requisición Pendiente											
SP # 1 del 99/96	Ent.P										
		Ent.P									
			Ent.P								
				Ent.P							
					Ent						
SP # 2 del 99/96					Ent.P						
						Ent.P					
							Ent.P				
								Ent.P			
									Ent		
Set up de equipos Sp # 1 y Sp # 2									Ent.P		
										Ent.P	
											Ent
	Ent.P	Entrenamiento en proceso									
	Ent	Entrenado									

FIGURA 40

Semanas de entrenamiento del personal para la cobertura de arranques y cierres de turno

Fuente: Elaboración propia (2020).

La figura 40 es explícita en cuanto a la cantidad de semanas que estará capacitándose al personal para las coberturas de los tiempos de descanso y falta de operario. Las casillas de dichas semanas están identificadas con color amarillo y la indicación Ent. P, o “entrenamiento en proceso”.

TABLA 21

Costo de inversión de los participantes en el análisis y ejecución de la mejora

Costo de inversión de los participantes en el análisis y ejecución de mejora			
Personal que participó	Tiempo invertido	Costo por hora en dólares	Costo en dólares del total de horas invertidas
Ingeniero junior	8	\$7,30	\$58,40
Operarios capacitadores del personal	480	\$4,79	\$2299,20
		Total	\$2.357,60

Fuente: Elaboración propia (2020).

El costo de inversión del análisis y ejecución de dicha propuesta fue de \$2357,60. Esta cifra se obtuvo multiplicando el total de horas invertidas por el costo por hora del personal implicado. El ingeniero junior puso a disposición 8 horas, las cuales multiplicadas por el costo por hora –es decir, por \$7,30– totalizan \$58,40. A su vez, los operarios capacitadores del personal dedicaron 480 horas que, multiplicadas por su costo por hora (\$4,79), igualan \$2299,20.

TABLA 22

Beneficio anual de trabajar sin tiempos de arranque y cierre de turno

Beneficio anual de trabajar sin tiempos de arranque y cierre de turno	
Valor anual en dólares de piezas que se dejaron de hacer	\$62462,40
Costo de la capacitación	\$2299,20
Costo del personal que participó en el análisis y ejecución de la mejora	\$2357,60
Beneficio anual	\$57 805,60

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como consta en la tabla N° 22, el beneficio que obtendrá Trimpot Electrónicas con esta propuesta equivale a \$57.805,60, resultado de restarle al valor anual de piezas que se dejaron de hacer (\$62.462,40) el costo de inversión en los entrenamientos (\$2299,20), y además menos el costo de inversión del personal implicado en la mejora (\$2357,60).

5.1.4 Cambios de configuración y cambios de materiales

En los cambios de configuración y de materiales se evidenciaron varias situaciones a mejorar, las cuales se desglosarán a continuación y con su respectiva propuesta.

5.1.4.1 Estandarizar cambios en las SP:

Con soporte del departamento de Programación se estandarizó que la SP #1 va ser la máquina que quede para los cambios de los NP que tienen menor volumen en dicha celda. Anteriormente en promedio se hacían por semana entre las dos máquinas 10 u 11 cambios.

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA.							MIX DE PRODUCCIÓN ANTES DE HACER LA MEJORA
MODELO 3296 & 3299 MIX DE PRODUCCION WK - 1							
Fecha de inicio	1/6/2020						
	1/6/2020	1/7/2020	1/8/2020	1/9/2020	1/10/2020	1/11/2020	
SP #1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
3296P				9 910	25 960		35 870
3296W		15 940	19 040				34 980
3296Y			9 510	19 100			28 610
PV36W	24 310	11 460					35 770
Total SP	24 310	27 400	28 550	29 010	25 960	-	135 230
SP #2	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
3296X	15 280						15 280
3296Z		8 310					8 310
3299W			18 280	18 550	2 140		38 970
3299W-DU1					16 160		16 160
3299X		4 040					4 040
3299Y		2 020	700				2 720
3299Z		4 640					4 640
Total SP	15 280	19 010	18 980	18 550	18 300	-	90 120

FIGURA 41

Mix de producción antes de hacer la mejora en la programación semanal en ambos equipos

Fuente: Departamento de Programación, Trimpot Electrónicas (2020).

Como se observa en la figura 41, así era como se encontraban las programaciones semanales de ambos equipos. Las casillas marcadas en color amarillo son las que identifican cuándo se daba un cambio de configuración.

Con el nuevo *mix* quedarán aproximadamente entre 6 y 7, dependiendo de los números de parte que se vayan a trabajar y solo en esta máquina. La SP #2 quedará estandarizada para trabajar solo la configuración W, que es el número de parte de mayor volumen, y con esto se logrará aumentar la velocidad de este equipo logrando pasar de 2200 piezas por hora a 2400 piezas por hora, por ser un solo NP.

A continuación, en la figura 42 se presenta el nuevo *mix* de producción del modelo 3296 a partir de la semana #3 para empezar con la aplicación de esta propuesta. Las casillas marcadas en amarillo identifican la cantidad de cambios programados en la semana; dicha cantidad está sujeta a variación, porque depende de la demanda de los clientes. Cabe mencionar que a la SP #1 se le deben hacer ciertos ajustes para que pueda pasar todas las configuraciones, ya que anteriormente solo pasaba P, W y Y. En el momento actual está en proceso de ajustes para lograr adecuarla a todos los cambios.

TRIMPOT ELECTRONICAS, LTDA. MODELO 3296 & 3299 MIX DE PRODUCCION WK - 3							MIX DE PRODUCCIÓN DESPUÉS DE HACER LA MEJORA		
Fecha de inicio 1/20/2020		1/20/2020	1/21/2020	1/22/2020	1/23/2020	1/24/2020	1/25/2020		
SP #1 QUEDO PARA TODOS LOS CAMBIOS DE NP DE MENOR VOLUMEN									
SP #1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL		
3296X	13 080						13 080		
PV36X	5 080						5 080		
3296Y	9 460						9 460		
PV36Y		15 940					15 940		
3296Z		11 710					11 710		
3296P			27 260	16 790			44 050		
3299W				11 980			11 980		
3299X					14 750		14 750		
3299Y					2 510		2 510		
3299Z					3 050		3 050		
Total SP	27 620	27 650	27 260	28 770	20 310	-	131 610		
SP #1 QUEDO PARA TRABAJAR UNICAMENTE CON LA CONFIGACION "W" POR SER LA DE MAYOR VOLUMEN									
SP #2	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL		
3296W	21 000	18 260	18 180	18 180	18 770		94 390		
Total SP	21 000	18 260	18 180	18 180	18 770	-	94 390		

FIGURA 42

Nuevo *mix* de producción para el modelo 3296

Fuente: Departamento de Programación, Trimpot Electrónicas (2020).

En el caso de este equipo SP #1, no hubo mejora de tiempos en el estándar por hora porque es la que debe pasar todas las configuraciones y debe estar a menor velocidad porque algunas de ellas presentan problemas de calidad si la velocidad aumenta. Dicho equipo se mantiene en 2200 por hora.

5.1.4.2 Creación de matriz de tiempos en los cambios de configuración:

Anteriormente no había ningún dato histórico que evidenciara cuánto duraba un cambio dependiendo del número de parte que en ese momento se debía correr. Con esta herramienta se logró cuantificar el tiempo estimado en cada cambio y, en base a eso, se puede determinar realmente el tiempo requerido en cada cambio, con miras a monitorear que se cumpla en consonancia con la matriz, para no afectar la capacidad efectiva del equipo.

En la figura 43 se cuantifican los tiempos que dura cada cambio según el NP que se va correr.

SP 3299/96 #1 Y #2												
CONFIGURACIONES												
CONFIGURACIONES		W 96	Y96	X96	Z96	W 99	Y99	X99	Z99	WXGJ5	YZY91	WXY91
	W 96		20 MIN	10 MIN	20 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN	45 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	Y96	20 MIN		20 MIN	10 MIN	45 MIN	30 MIN	45 MIN	30 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	X96	10 MIN	20 MIN		20 MIN	30 MIN	45 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	Z96	20 MIN	10 MIN	20 MIN		45 MIN	30 MIN	45 MIN	30 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	W 99	30 MIN	45 MIN	30 MIN	45 MIN		30 MIN	10 MIN	30 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	Y99	45 MIN	20 MIN	45 MIN	45 MIN	20 MIN		30 MIN	10 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	X99	45 MIN	45 MIN	20 MIN	30 MIN	10 MIN	30 MIN		30 MIN	30 MIN	45 MIN	45 MIN
	Z99	45 MIN	20 MIN	30 MIN	20 MIN	20 MIN	10 MIN	30 MIN		30 MIN	45 MIN	45 MIN
	WXGJ5	30 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN	30 MIN		45 MIN	45 MIN
	YZY91	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	30 MIN		45 MIN
	WXY91	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	45 MIN	30 MIN	45 MIN	

FIGURA 43

Matriz de tiempos de cambios de configuraciones modelo 3296

Fuente: Elaboración propia con soporte de Servicios Técnicos de Trimpot Electrónicas (2019).

5.1.4.3 Creación de matriz de modificaciones y ajustes en los cambios de configuración:

Para tener al alcance una descripción detallada de qué es lo que se modifica y ajusta en cada cambio de configuración, se confeccionó una matriz con soporte de Servicios Técnicos referente a cada estación de la máquina. La finalidad clara y concisa es que cualquier personal de Servicios Técnicos u operador especializado posea un insumo de forma ordenada sobre qué se hace en las diferentes estaciones a la hora de llevar a cabo un cambio. En las figuras 44 y 45, se especifica paso a paso cada una de estas modificaciones y ajustes por estación.

MODIFICACIONES Y AJUSTES QUE SE GENRAN EN CADA CAMBIO DE CONFIGURACION DE MODELO DE LA ESTACION # 1 A LA # 8						
ESTACIONES DE LA #1 A LA # 8	CONFIGURACIONES					
	WY 96	XZ 96	P 96	WX 99	YZ 99	P 99
EST #1 Carga de housing	Ajuste de altura de guía superior de track. Ajuste de guía de loader	Ajuste de altura de guía superior de track. Ajuste de guía de loader	Ajuste de altura de guía superior de track. Ajuste de guía de loader	Ajuste de altura de guía superior de track. Ajuste de guía de loader	Ajuste de altura de guía superior de track. Ajuste de guía de loader	Ajuste de altura de guía superior de track. Ajuste de guía de loader
EST #2 Chequeo de housing	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EST #3 Carga de rotor	Giro de guía de rotor (Ayuda Visual) Blanco WY-P (X)	Giro de guía de rotor (Ayuda Visual) Negro XZ (X)	Giro de guía de rotor (Ayuda Visual) Blanco WY-P (X)	Giro de guía de rotor (Ayuda Visual) Blanco WY-P (X)	Giro de guía de rotor (Ayuda Visual) Negro XZ (X)	Giro de guía de rotor (Ayuda Visual) Blanco WY-P (X)
EST #4 Lubricado de contacto	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EST #5 Carga de elemento	WX -Montar cover de WX en track -Poner roller -Cambiar Element window -Cerrar covers frontales de track de elementos -Girar soporte de fibra óptica de detección de pines	YZ -Montar cover de YZ en track -Poner roller -Cambiar Element window -Cerrar covers frontales de track de elementos -Girar soporte de fibra óptica de detección de pines	P -Montar cover de P en track -Quitar roller -Cambiar Element window -Abrir covers frontales de track de elementos -Girar soporte de fibra óptica de detección de pines	WX -Montar cover de WX en track -Poner roller -Cambiar Element window -Cerrar covers frontales de track de elementos -Girar soporte de fibra óptica de detección de pines	YZ -Montar cover de YZ en track -Poner roller -Cambiar Element window -Cerrar covers frontales de track de elementos -Girar soporte de fibra óptica de detección de pines	P -Montar cover de P en track -Quitar roller -Cambiar Element window -Abrir covers frontales de track de elementos -Girar soporte de fibra óptica de detección de pines
EST #6 Instalado de elemento.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EST#7 Dispensado UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EST #8 Curado UV	Verificar Altura de la fibra óptica. Para P por encima de los Pines, para WY pegando al clamp	Verificar Altura de la fibra óptica. Para P por encima de los Pines, para WY pegando al clamp	Verificar Altura de la fibra óptica. Para P por encima de los Pines, para WY pegando al clamp	Verificar Altura de la fibra óptica. Para P por encima de los Pines, para WY pegando al clamp	Verificar Altura de la fibra óptica. Para P por encima de los Pines, para WY pegando al clamp	Verificar Altura de la fibra óptica. Para P por encima de los Pines, para WY pegando al clamp

FIGURA 44

Modificaciones y ajustes que se generan en cada cambio de configuración en el modelo 3296. Estaciones de la #1 a la # 8.

Fuente: Elaboración propia con soporte de Servicios Técnicos de Trimpot Electrónicas (2019).

MODIFICACIONES Y AJUSTES QUE SE GENRAN EN CADA CAMBIO DE CONFIGURACIÓN DE MODELO DE LA ESTACIÓN # 9 A LA # 14						
ESTACIONES DEL LA # 9 A LA # 14	CONFIGURACIONES					
	WY 96	XZ 96	P 96	WX 99	YZ 99	P 99
EST #10 Tester	Montar fixture según estilo	Montar fixture según estilo	Montar fixture según estilo	Montar fixture según estilo	Montar fixture según estilo	Montar fixture según estilo
EST #11 Salida a conveyor	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EST #12 Rechazo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EST #13 Conveyor	Bajar cover #1 para WX	Subir cover #1 para YZ	Subir cover #1 para P	Bajar cover #1 para WX	Subir cover #1 para YZ	Subir cover #1 para P
EST #13.1 Conveyor	Montar guía estilo WX// P	Montar guía estilo YZ// P	N/A	Montar guía estilo WX// P	Montar guía estilo YZ// P	N/A
EST #13.2 Conveyor	Posicionar guía anterior al loader Abajo para WX	Posicionar guía anterior al loader Arriba para YZ	Posicionar guía anterior al loader Arriba para P	Posicionar guía anterior al loader Abajo para WX	Posicionar guía anterior al loader Arriba para YZ	Posicionar guía anterior al loader Arriba para P
EST #13.3 Conveyor	Girar guía de salida de sensado de altura según se indica en guía	Girar guía de salida de sensado de altura según se indica en guía	Girar guía de salida de sensado de altura según se indica en guía	Girar guía de salida de sensado de altura según se indica en guía	Girar guía de salida de sensado de altura según se indica en guía	Girar guía de salida de sensado de altura según se indica en guía
EST #14 Epoxy Dispenser	Montar fixture según estilo,hacer Set-up en la altura del fixture según el Hsg.	Montar fixture según estilo,hacer Set-up en la altura del fixture según el Hsg.	Montar fixture según estilo,hacer Set-up en la altura del fixture según el Hsg.	Montar fixture según estilo,hacer Set-up en la altura del fixture según el Hsg.	Montar fixture según estilo,hacer Set-up en la altura del fixture según el Hsg.	Montar fixture según estilo,hacer Set-up en la altura del fixture según el Hsg.

FIGURA 45

Modificaciones y ajustes que se generan en cada cambio de configuración en el modelo 3296. Estaciones # 9 a #14

Fuente: Elaboración propia con soporte de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

5.1.4.4 Análisis costo-beneficio

TABLA 23

Mejora de tiempo de salida en estándar por hora SP #2 trabajando en configuración W

Mejora de tiempo de salida en estándar por hora SP #2 trabajando solo en configuración W									
Máquina	Estilos	Estándar de unidades por hora	Mejora de piezas por hora	Horas promedio de capacidad en cada equipo entre I y III turno por semana	Capacidad de producción por semana entre I y III en cada equipo	Promedio anual de piezas que se pueden producir en dos turnos	Diferencia total de producción en cada equipo	Costo de una pieza en dólares	Ganancia anual en dólares
SP # 1	W, P, X, Y, Z, Y91, Z91 del 3296/3299	2200	0	70	154000	7700000	3100000	\$0,14	\$434.000
SP # 2	W 3296	2400	200	90	216000	10800000			
								Total	\$434.000

Fuente: Elaboración propia (2020).

La tabla N° 23 deja en claro que esta propuesta logró mejorar la salida de la SP #2 dejándola solo en la configuración W, que es la de mayor volumen en este modelo 3296, pasando de 2200 piezas por hora a 2400 piezas.

Se hizo un análisis anual de cuánto ganaría este equipo con la mejora y haciendo un promedio comparativo entre los dos equipos, SP #1 y SP #2, en la producción anual de cada uno, se rescatan los siguientes hechos: la SP #1 es la que quedará para los cambios, y contemplándola en dos turnos como existen actualmente, con un estándar

de 2200 piezas por hora, al hacer la multiplicación por sus 70 horas de capacidad semanal da como resultado 154.000 piezas semanales. Al multiplicarlas por 50 semanas –que son las que se trabajan anualmente en Trimpot Electrónicas–, surge el dato de 7.700.000 piezas que se pueden producir anualmente.

En el caso de la SP #2, en solo configuración W en promedio tendrá una capacidad de 90 horas semanales. Si se prospecta dicha capacidad a dos turnos y se multiplica por el estándar de 2400 piezas por hora, da como resultado 216.000 piezas semanales, las que a su vez se multiplican por las 50 semanas de actividad, y nos arroja un potencial de 10.800.000 piezas por año.

Al restar las cantidades de piezas de cada equipo que en promedio se pueden producir anualmente, resultan 3.100.000 piezas, que representarían la ganancia lograda en unidades gracias a dejar la SP #2 únicamente para la configuración W y con el estándar mejorado a 2400 piezas por hora.

Al multiplicar entonces esa cifra de 3.100.000 por el precio de 1 pieza (\$0,14), se traduce en \$434.000 de ganancia anual para la empresa.

TABLA 24

Costo de inversión de creación de matriz de tiempos de cambios de configuración

Costo de inversión en matriz de tiempos de cambios de configuración			
Personal que trabajó en la mejora	Tiempo invertido	Costo por hora en dólares	Costo en dólares del total de horas invertidas
Ingeniero junior	13	\$7,30	\$94,90
Mecánico	34	\$6,25	\$212,50
		Total	\$307,40

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se muestra en la tabla N° 24, el costo de inversión de la construcción de la matriz de modificaciones y ajustes en cada cambio fue de \$307,40. Dicha cifra se obtuvo multiplicando el total de horas invertidas por el costo por hora del personal que participó; específicamente por parte del ingeniero junior se requirieron 13 horas y su costo por hora es de \$7,30 cuyo resultado dio \$94,90. Y por parte de Servicios Técnicos, se contó con ellos durante 28 horas y su costo por hora es de \$6,25³, para un subtotal de \$212,50. Al final ambas cifras se suman.

³ Información suministrada por el departamento de Manufactura.

TABLA 25

Costo de inversión de creación de matriz de modificaciones y ajustes en cambios de configuración

Costo de inversión en matriz de modificaciones y ajustes en cambios de configuración			
Personal que trabajó en la mejora	Tiempo invertido	Costo por hora en dólares	Costo en dólares del total de horas invertidas
Ingeniero junior	19	\$7,30	\$138,70
Mecánico	52,5	\$6,25	\$328,12
		Total	\$466,82

Fuente: Elaboración propia (2020).

De acuerdo con la tabla N° 25, el costo de inversión de la construcción de la matriz de modificaciones y ajuste en los cambios de configuración fue de \$466,82. Dicha cifra se obtuvo multiplicando el total de horas invertidas por el costo por hora del personal que participó: 19 horas del ingeniero junior (con un costo por hora de \$7,30 = \$138,70) y 52,5 horas de Servicios Técnicos (costo por hora \$6,25 = \$ 328,12). Al final ambas cifras se suman.

TABLA 26Costo de inversión en cambios de la programación del *mix* de producción semanal del modelo 3296

Costo de inversión en cambios de la programación del <i>mix</i> de producción semanal del modelo 3296			
Personal que trabajó en la mejora	Tiempo invertido	Costo por hora en dólares	Costos en dólares del total de horas invertidas
Ingeniero junior	13	\$7,30	\$94,90
Planner	18	\$7,50	\$135
		Total	\$229,90

Fuente: Elaboración propia (2020).

Una vez más, se multiplicó el total de horas invertidas por el costo por hora del personal que colaboró; el ingeniero junior con sus 13 horas (a un costo por hora de \$7,30, dando como resultado \$94,90) y del departamento de Planeación se recibieron 18 horas (costo por hora \$7,50 = \$135). Finalmente, ambas cifras se suman y se llega a los \$229,90.

TABLA 27

Costo de inversión en medición de estándares en SP #1 y SP #2

Costo de inversión en medición de estándares en SP #1 y SP #2			
Personal que trabajó en la mejora	Tiempo invertido	Costo por hora en dólares	Costo en dólares del total de las horas invertidas
Ingeniero junior	11	\$7,30	\$80,30
Técnico de manufactura	8	\$7,30	\$58,40
		Total	\$102,20

Fuente: Elaboración propia (2020).

Aquí también se siguió el procedimiento de multiplicar el total de horas invertidas por el costo por hora del personal involucrado. El ingeniero junior se hizo presente en 11 horas, y su costo por hora es de \$7,30, resultando en \$80,30; asimismo, el técnico de Manufactura acudió 8 horas (costo por hora \$7,30 = \$ 58,40). Se suman las dos cantidades para arribar al monto de \$102,20.

TABLA 28

Beneficio anual de mejoras en los cambios de configuración y cambio de materiales

Beneficio anual de mejoras en la causa “cambios de configuración y cambio de materiales”	
Ganancia anual en dólares de mejora de tiempo de salida en estándar por hora SP #2 trabajando solo en configuración "W"	\$434.000
Costo de inversión en matriz de tiempos de cambios de configuración	\$307,40
Costo de inversión en matriz de modificaciones y ajustes en cambios de configuración	\$466,82
Costo de inversión en cambios en programación de <i>mix</i> de producción semanal del modelo 3296	\$229,90
Costo de inversión en medición de estándares en SP #1 y SP #2	\$102,20
Beneficio anual	\$432.893,68

Fuente: Elaboración propia (2020).

La tabla N° 28 *supra* se refiere al beneficio de \$432.893,68 que se obtendrá con esta propuesta. Es resultado de restarle al valor anual de piezas en dólares que se obtendrá de la mejora de tiempo de salida en estándar por hora SP #2 trabajando solo en configuración W (cuya cifra era de \$434.000) los costos de inversión en las mejoras aplicadas, a saber:

Matriz de tiempos de cambios de configuración (\$307,40),

Matriz de modificaciones y ajustes en cambios de configuración (\$466,82),

Cambios en programación de *mix* de producción semanal de modelo 3296 (\$229,90) y

El costo de inversión en medición de estándares en SP #1 y SP #2 (\$102,20).

5.1.5 Mejoras para eliminar reportes por colocar mal el rotor:

En el sistema de transferencia, al ser fijo y de poca flexibilidad, daba muchos problemas de instalado del rotor en el *housing*, desde daños en los rotores mismos y/o en el *housing*, hasta pérdida de vacío en la boquilla por su poca flexibilidad de ajuste y el hecho de tener que calzar las partes con *shims* (calzas). Adjunto en la figura 46 se muestra detalladamente cómo estaba el sistema de transferencia antes de hacer la mejora.

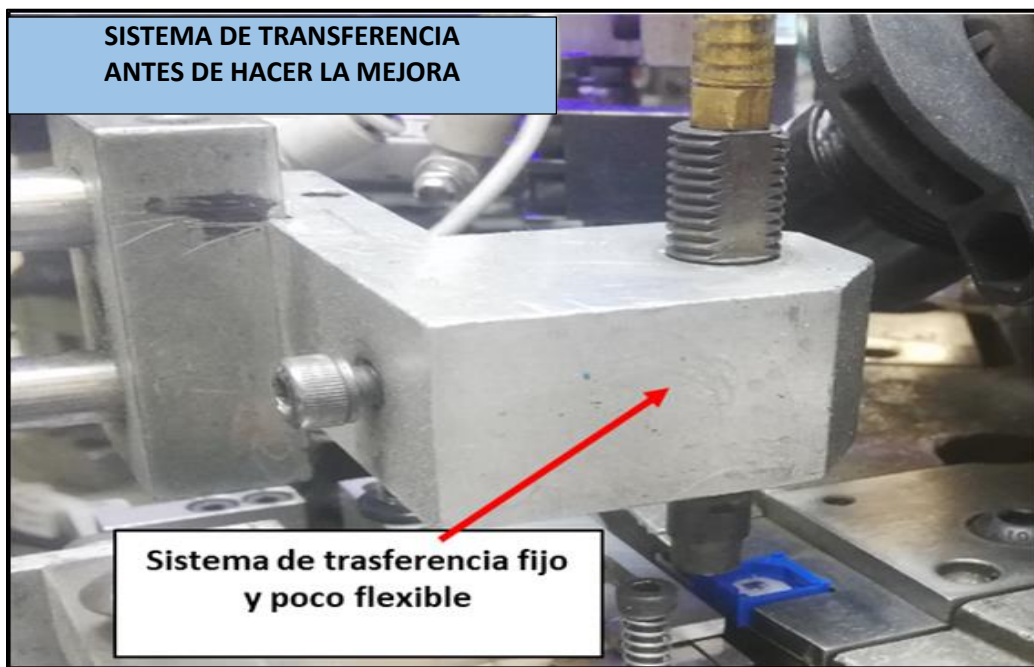


FIGURA 46

Sistema de transferencia antes de hacer la mejora

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

El sistema de transferencia se rediseña con ajuste en los tres ejes para evitar calzas; además se rediseña la boquilla para aprovechar el vacío sin tener pérdidas. La figura 47 ilustra eficazmente la mejora del sistema de transferencia.

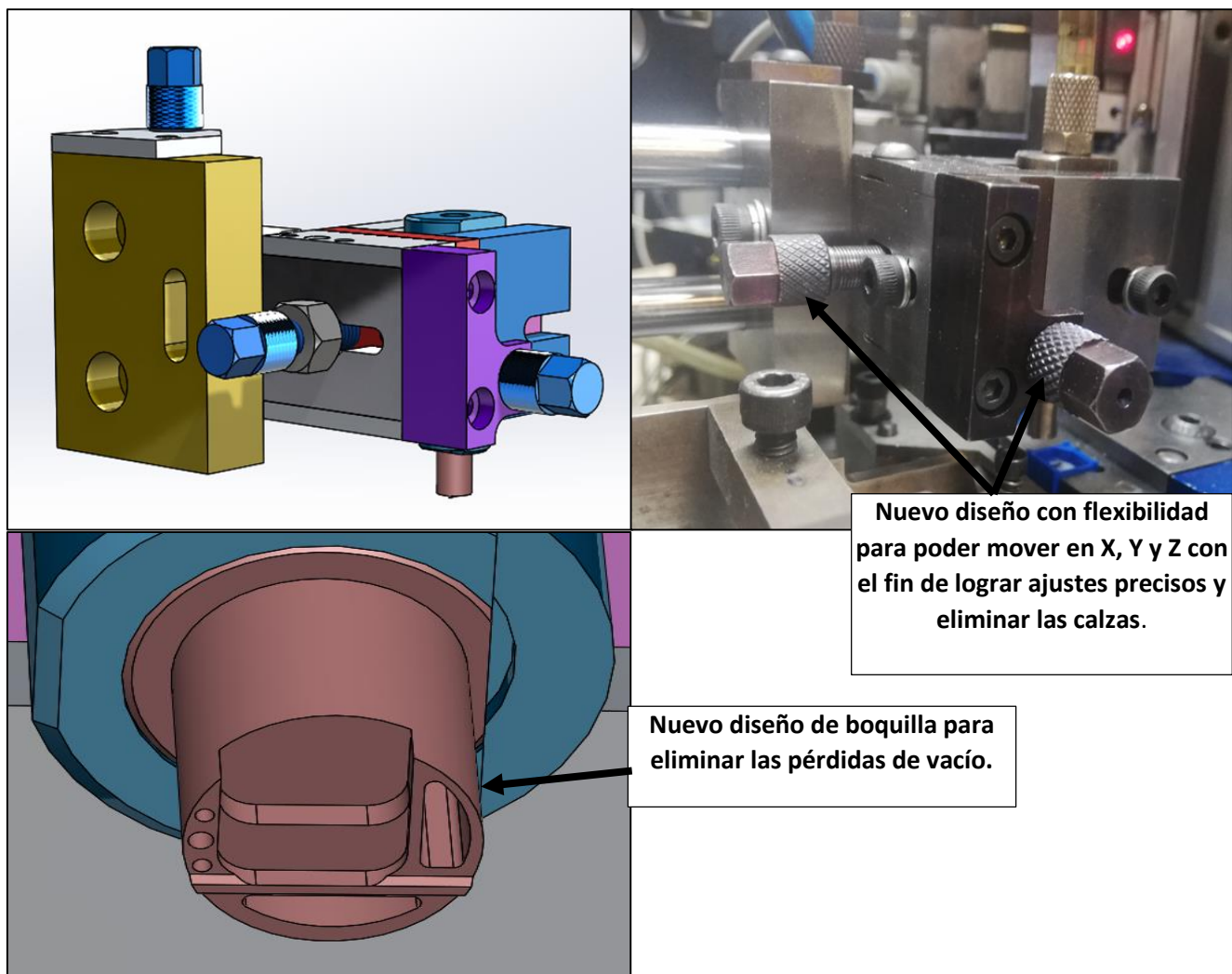


FIGURA 47

Nuevo diseño del sistema de transferencia de instalado de rotor con movimiento en ejes X, Y y Z

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimptot Electrónicas (2019).

Aunado a lo anterior, otro problema que generaba reportes era el diseño del nido de transferencia del rotor, que no estaba adaptado a la salida de la estación siguiente (“mesa rotativa”). Adjunto en la figura 48 se muestra detalladamente en qué consistía el diseño antes de hacer la mejora.



FIGURA 48

Diseño del nido del rotor antes de hacer la mejora

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

Se hizo una modificación al ángulo de alineación del final del nido de transferencia del rotor para eliminar los reportes por esta causa. La figura 49 presenta el nuevo diseño del nido de transferencia de salida del rotor a los nidos de la mesa rotativa.

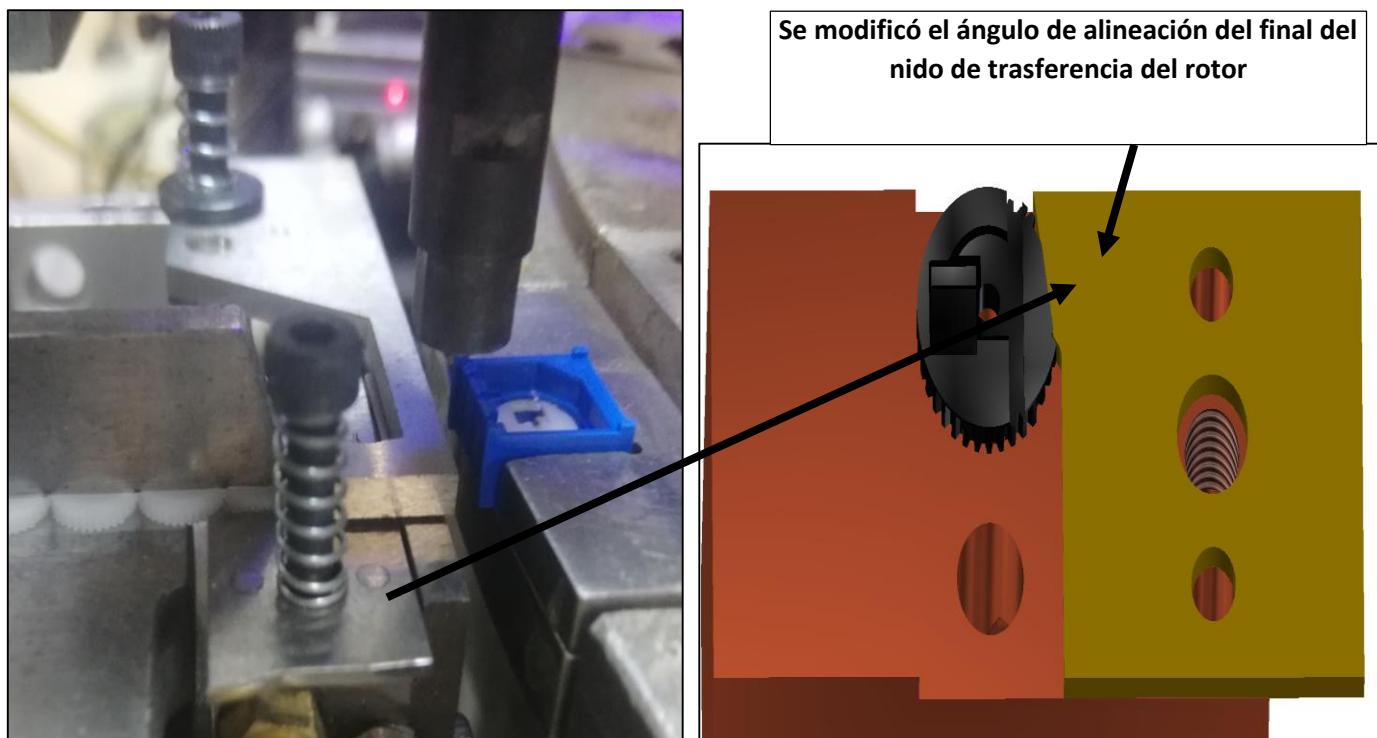


FIGURA 49

Nuevo diseño del nido de transferencia de salida del rotor a los nidos de la mesa rotativa

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

5.1.5.1 Análisis de costo-beneficio

TABLA 29

Costos de no producir durante los tiempos caídos por la colocación deficiente del rotor

Costos de no producir durante los tiempos caídos por la colocación deficiente del rotor						
Causa	Total de horas perdidas de enero a octubre del 2019	Estándar de unidades por hora	Total de piezas que se dejaron de hacer de enero a octubre 2019	Costo de una pieza en dólares	Valor en dólares de piezas que se dejaron de hacer de enero a octubre del 2020	Valor anual en dólares
Coloca mal el rotor	57	2200	125.400	\$0,14	\$17.556	\$21.067,20
					Total	\$21 067,20

Fuente: Elaboración propia (2020).

La tabla N° 29 es elocuente en torno al costo que implicaron las mejoras de equipo para eliminar la causa en la que se enfocó esta propuesta. El tiempo caído por colocar mal el rotor en total era 57 horas comprendidas entre enero y octubre del 2019. Y en vista de que los estándares por hora de las SP están en 2200 unidades, la multiplicación de las 57 horas por 2200 significa 125.400 unidades.

El costo de una pieza del modelo 3296 está en \$0,14; al multiplicarlo por el total de piezas de enero a octubre del 2019, el costo de dejar de producir por dicha causa fue de \$17.556. Esta cifra se calculó en un valor anual de \$21.067,20 de esta forma: dividiendo el resultado de \$17.556 entre 10, que son los meses que abarcó el estudio, y por último el resultado de esa división se multiplicó por 12 meses de un año, para sacar un dato anual.

TABLA 30

Costo de inversión en mejoras en el equipo para eliminar tiempo caído por la deficiente colocación del rotor

Costo de inversión en mejoras de equipo para eliminar tiempo caído por colocación deficiente del rotor	
Mejoras en el equipo	Costo en dólares de las piezas que se modificaron y cambiaron
Modificación en boquilla y guía del rotor	\$266,11
Sistema de transferencia del rotor modificado en puntos X,Y y Z	\$2334,55
Total	\$2 600,66

Fuente: Elaboración propia (2020).

A partir de la tabla N° 30 queda asentado que el costo de inversión para modificar y cambiar las piezas que generan problemas de tiempo caído por la colocación del rotor es de \$2600,66. Dicha cifra se obtuvo sumando los costos en dólares para las dos mejoras que a continuación se mencionan: modificación en boquilla y guía del rotor por la suma de \$266,11 y rediseño del sistema de transferencia del rotor modificado en puntos X, Y y Z por la suma de \$2334,55.

TABLA 31

Costo de inversión en análisis y ejecución de la propuesta de mejora para eliminar el tiempo caído por la deficiente colocación del rotor

Costo de inversión en análisis y ejecución de la propuesta de mejora			
Personal que participó en la mejora	Tiempo invertido en horas	Costo por hora en dólares	Costos en dólares del total de horas invertidas
Ingeniero junior	11	\$7,30	\$80,30
Ingeniero mecánico	33	\$11,10	\$366,30
Personal del departamento de Servicios Técnicos	127,16	\$6,25	\$794,75
		Total	\$1241,35

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se extrae de la tabla N° 31, el costo de inversión en el análisis y ejecución de la propuesta de mejora para eliminar el tiempo caído por la causa de colocar mal el rotor fue de \$1241,35. Dicha cifra se obtuvo multiplicando el total de horas invertidas por el costo por hora del personal que participó: se necesitó tiempo aportado por parte del ingeniero junior de 11 horas y su costo por hora es de \$7,30, cuyo resultado dio \$80,30. Por parte del ingeniero mecánico, 33 horas y su costo por hora es de \$11,10⁴, para un resultado de \$366,30; y del departamento de Servicios Técnicos 127,16 horas

⁴ Información suministrada por el departamento de Manufactura.

con un costo por hora es de \$6,25 (resultado = \$794,75). Al final todas las cifras se suman.

TABLA 32

Beneficio anual de trabajar sin tiempos caídos por la deficiente colocación del rotor

Beneficio anual de trabajar sin tiempos caídos por la causa "coloca mal el rotor"	
Valor anual en dólares de piezas que se dejaron de hacer	\$21.067,20
Costo de las mejoras de equipo	\$2600,66
Costo de los participantes en el análisis y ejecución de la mejora	\$1241,35
Beneficio anual	\$17 225,19

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la tabla N° 32 se despliega el beneficio a obtener con esta propuesta que equivale a \$17225,19. Se deriva de restarle al valor anual de piezas que se dejaron de hacer (\$21067,20) el costo de inversión en las mejoras de equipo (\$200,66) y además el costo de inversión del personal que se tomó en cuenta para la mejora (\$1241,35).

5.1.6 Mejora para eliminar reportes por *housing* pegado en guía de *track* y *housing* vuelto:

La selección en la parte final del *bowl feeder* no es lo eficiente que se necesita, dado que permite que el *housing* vuelto pase y se pegue en la guía de *track*, generando constantes reportes por esta causa. Adjunto en la figura 50 se muestra la selección de parte final del *bowl feeder* antes de la mejora.

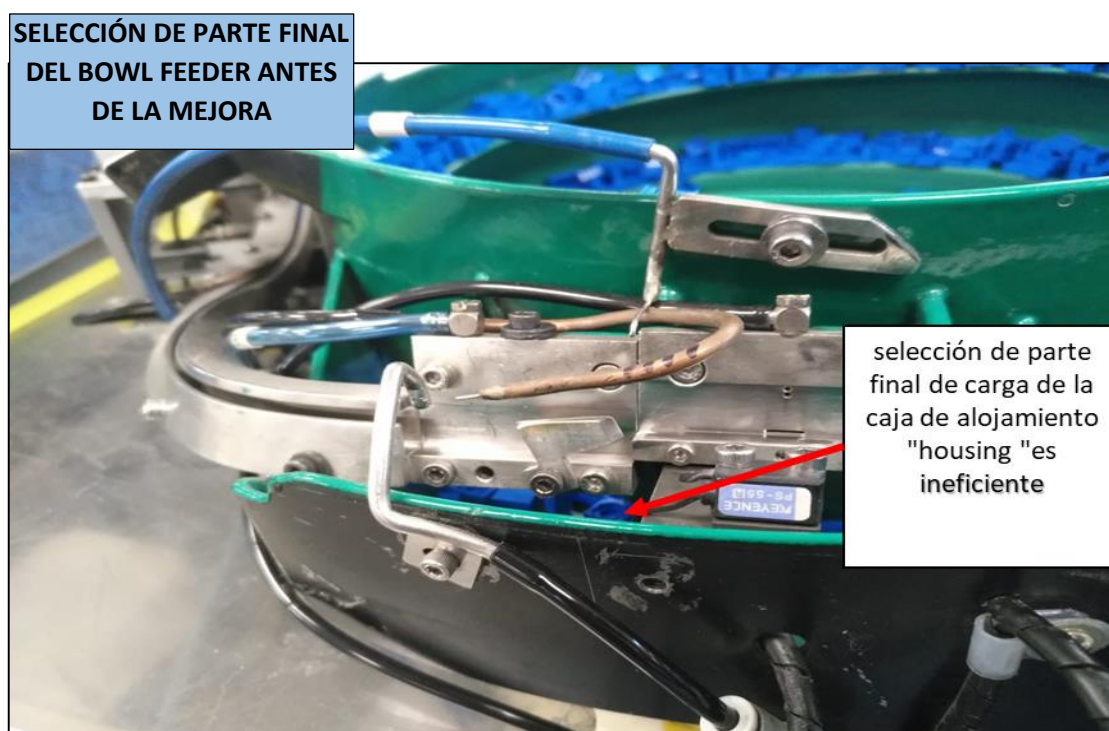


FIGURA 50

Selección en la parte final del *bowl feeder* antes de la mejora

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

Se colocó un selector que impide que se filtre el 100% los *housings* vueltos y, por ende, no permite que el *housing* se pegue en la guía de *track*. La figura 51 muestra la colocación del selector que eliminó este problema.

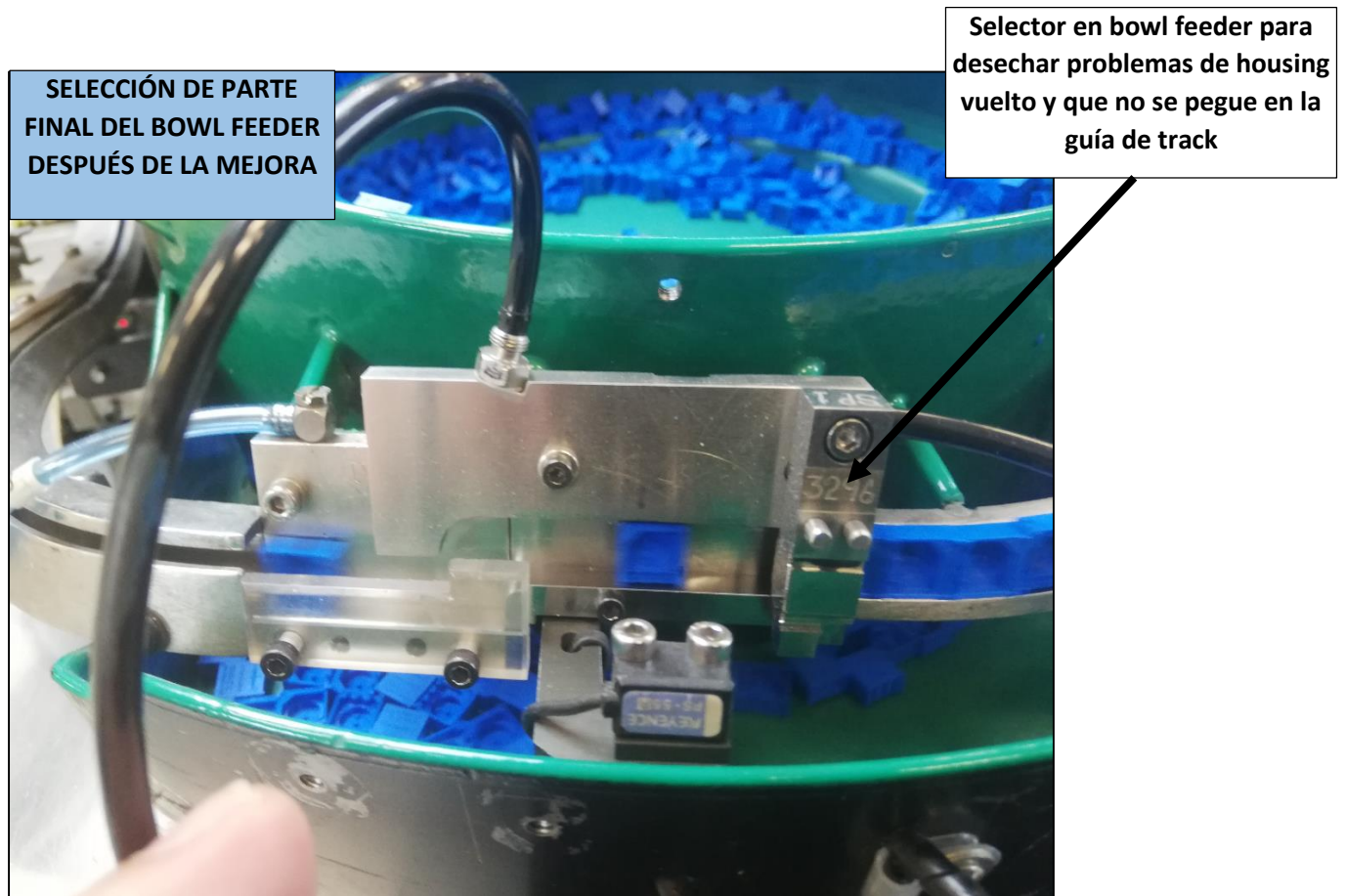


FIGURA 51

Colocación de selector en *bowl feeder* para desechar *housing* vuelto

Fuente: Departamento de Servicios Técnicos, Trimpot Electrónicas (2019).

5.1.6.1 Análisis de costo-beneficio

TABLA 33

Costo de no producir durante el tiempo caído por *housing* vuelto o pegado en la guía de *track*. Enero a octubre 2019

Costos de no producir durante los tiempos caídos por <i>housing</i> vuelto o pegado en la guía de <i>track</i>						
Causa	Total de horas perdidas de enero a octubre del 2019	Estándar de unidades por hora	Total de piezas que se dejaron de hacer de enero a octubre 2019	Costo de una pieza en dólares	Valor en dólares de piezas que se dejaron de hacer de enero a octubre del 2019	Valor anual en dólares
<i>Housing</i> vuelto	30	2200	66000	\$0,14	\$9240	\$11088
<i>Housing</i> pegado en guía de <i>track</i>	27		59400		\$8316	\$9979,20
					Total	\$ 21 067,20

Fuente: Elaboración propia (2020).

En resumen, el tiempo caído por *housing* vuelto era de 30 horas, y por *housing* pegado, 27 horas, las cuales al sumarse dan como resultado 57 horas entre enero y octubre del 2019.

Recordemos que los estándares por hora de las SP están en 2200 unidades por hora; multiplicando las 57 horas de tiempo perdido por las dos causas mencionadas anteriormente equivale a 125.400 unidades.

Una pieza del modelo 3296 tiene un valor de \$0,14; al multiplicarlo por 125.400 unidades dejadas sin hacer por las dos causas descritas, da como resultado que entre enero y octubre del 2019 el costo de dejar de producir fue de \$17.556. Este dato se

dividió entre 10, que son los meses en que se desarrolló el estudio, y por último el resultado de esa división se multiplicó por 12 para sacar un dato anual (\$21067,20).

TABLA 34

Costo de inversión en mejoras de equipo para eliminar tiempo caído por *housing* vuelto o pegado en la guía de *track*

Costo de inversión en mejoras de equipo para eliminar tiempo caído por <i>housing</i> vuelto o pegado en la guía de <i>track</i>	
Mejoras en el equipo	Costo en dólares de la pieza que se modificó y reemplazó
Sensor selector	\$144,32
Total	\$144,32

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se muestra en la tabla N° 34 el costo de inversión para modificar y cambiar la pieza que está generando problemas con el *housing* es de \$ 144,32.

TABLA 35

Costo de inversión en análisis y ejecución de la propuesta de mejora para eliminar el tiempo caído por *housing* vuelto o pegado en la guía de *track*

Costo de inversión en análisis y ejecución de la propuesta de mejora			
Personal que participó en la mejora	Tiempo invertido en horas	Costo por hora en dólares	Costo en dólares del total de horas invertidas
Ingeniero junior	7	\$7,30	\$51,10
Ingeniero mecánico	16	\$11,10	\$177,60
Personal del departamento de Servicios Técnicos	6,83	\$6,25	\$42,69
		Total	\$271,39

Fuente: Elaboración propia (2020).

De manera que el costo de inversión en el análisis y ejecución de la propuesta de mejora para eliminar el tiempo caído por problemas con el *housing* fue de \$271,39. Dicha cifra se obtuvo multiplicando el total de horas invertidas por el costo por hora del personal implicado: el ingeniero junior 7 horas a \$7,30 cada una (= \$ 51,10), el ingeniero mecánico 16 horas a \$11,10 cada una (= \$177,60) y el departamento de Servicios

Técnicos 6,83 horas a \$6,25 cada una (\$42,69). Al cabo de esto, las tres cifras se suman.

TABLA 36

Beneficio anual de trabajar sin tiempos caído por *housing* vuelto o pegado en la guía de *track*

Beneficio anual de trabajar sin tiempos caído por <i>housing</i> vuelto o pegado en la guía de <i>track</i>	
Valor anual en dólares de piezas que se dejaron de hacer	\$21.067,20
Costo de la mejora de equipo	\$144,32
Costo de los participantes en la mejora	\$271,39
Beneficio anual	\$20 651,49

Fuente: Elaboración propia (2020).

Por último, la tabla N° 36 pone en perspectiva el beneficio obtenido con esta propuesta, que asciende a \$20.651,49 resultantes de restarle al valor anual de piezas que se dejaron de hacer (\$21.067,20) el costo de las mejoras de equipo (\$144,32) y además el costo de inversión en el personal esencial para la mejora (\$271,39).

5.1.7 Resumen de análisis costo-beneficio general de todas las propuestas de mejora

TABLA 37

Resumen todos los costos de inversión en cada una de las mejoras y también los beneficios (proyección en dólares) en un periodo anual

Tasa de descuento	10%		
Inversión inicial	0		
Causas para aplicar propuesta de mejora	Propuesta de mejora	Costo de inversión en dólares	Beneficio anual en dólares
Descansos de operador y falta de operador	Entrenamientos	\$3751,72	\$126.772,80
Arranque y cierre de turno	Entrenamientos	\$4656,80	\$62.462,40
Cambios de configuración y cambios de material	Mejoras varias	\$1106,32	\$434.000,00
Colocación anómala del rotor	Mejoras de equipo	\$3842,01	\$21.067,20
<i>Housing</i> vuelto o pegado en la guía de <i>track</i>	Mejoras de equipo	\$415,71	\$21.067,20

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la tabla N° 37 se desglosan todos los costos de inversión en cada una de las mejoras y también los beneficios (proyección en dólares estadounidenses), en un plazo anual, que acarrearía cada una de las propuestas.

TABLA 38

Aplicación de la fórmula para obtener la relación beneficio/costo de las propuestas de mejora

Aplicación de la fórmula para obtener la relación beneficio/costo de las propuestas de mejora	
Σ ingresos	\$520.411
Σ costos	\$10.973
Σ costos + inv. inicial	\$10.973
B/C	\$47

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la tabla N° 38 se aplica la fórmula para determinar la relación beneficio/costo, el cual es el cociente que resulta de dividir la sumatoria de los ingresos (beneficios brutos) entre la sumatoria de los costos de inversión en las propuestas de mejora, actualizados a una tasa de interés fijo de un 10%.

Partiendo de lo anterior, se puede deducir que por cada unidad monetaria invertida se tendrá un retorno de capital o ganancia de \$47.

Cuando la relación B/C es mayor a 1, el valor de los beneficios es mayor que los costos del proyecto, por lo cual el proyecto es aceptable para llevarlo a cabo.

TABLA 39

Proyección del tiempo de recuperación de la inversión

Proyección del tiempo de recuperación de la inversión	
Ingreso anual	\$520 411
Costos de la inversión	\$10973
Ingreso mensual	\$43367,58
Cálculo de ingreso diario	\$1445,59
Proyección del tiempo de recuperación de la inversión	7,60 días

Fuente: Elaboración propia (2020).

De acuerdo con la tabla N° 39, la proyección del tiempo de recuperación de la inversión dio como resultado 8 días. Dicho periodo se obtuvo dividiendo el total del ingreso anual invertido en las propuestas de mejora (\$520.411) entre 12 meses –plazo proyectado–, lo que equivale a un ingreso mensual de \$43.367,58. Esta cifra, a su vez, se divide entre 30 días que componen un mes y arroja un total de \$1445,59 diarios.

Por último, el costo total de la inversión, cuya cifra es \$10.973, se divide entre el ingreso diario que es y da como resultado el periodo de recuperación de dicha inversión anteriormente mencionado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones generales

Las conclusiones se basaron en los objetivos específicos definidos en el capítulo I de este proyecto.

- Se identificó detalladamente cómo está compuesta el área de Producción de ensamble final, principalmente en las líneas automáticas de mayor volumen, mediante el diagrama de flujo y todas sus operaciones.
- Por medio de sistema interno de información de manufactura SIM de Trimpot Electrónicas Ltda., se logró filtrar los datos de OEE (eficiencia general de los equipos) con el fin de identificar las principales causas o incidencias que generaban mayor cantidad de tiempo perdido en las líneas automáticas de mayor volumen (modelo 3296, modelo 3386, modelo 3262 familia, modelo 3362, modelo 3224 WX, y modelo 3224 GJ).
- Por medio del análisis y utilización de herramientas ingenieriles, se lograron evidenciar las causas de mayor cantidad de tiempo perdido en las líneas automáticas de mayor volumen anteriormente mencionadas, las cuales fueron: tiempo de descanso de operario y falta de operario, arranque y cierre de turno, cambios de configuración y cambio de materiales, rotor mal colocado, *housing* vuelto y *housing* pegado en la guía de *track*. La meta final era la ejecución del proyecto Level Up para aumentar la capacidad efectiva de ensamble final, pero de primero se inició en el modelo 3296 como celda piloto. Para las causas de tiempo de descanso, falta de operario, arranque y cierre se creó un plan de entrenamiento cruzado en dicha celda, tendiente a hacer la cobertura de estas

causas. En cuanto a los cambios de configuraciones y de materiales se logró llevar a cabo varias propuestas de mejora: con soporte del departamento de Programación se va dejar la SP #1 para todos los cambios (X, Y, P, Z y W 3296/3299) y dejar SP #2 solo para configuración W, por ser el número de parte con mayor volumen de producción en dicha celda. Se confeccionó una matriz de tiempos de cambios de configuración; también se creó una matriz de modificación y ajustes en cada estación cuando se lleva a cabo un cambio de configuración. Para las causas de colocación defectuosa del rotor, *housing* vuelto y *housing* pegado en la guía de *track*, en conjunto con el departamento de Servicios Técnicos fue posible analizar, evidenciar y hacer mejoras en los equipos para eliminarlas de raíz.

- Se logró realizar un estudio de costo-beneficio de la implementación del programa propuesto en la celda piloto modelo 3296. Dichas proyecciones se dieron en estimación, ya que varias de ellas están en proceso de realización y se prevé que estén listas para el segundo cuatrimestre del año 2020. Se aplicó la fórmula para determinar la relación beneficio/costo, de la cual se deduce que cada unidad monetaria invertida tendrá un retorno de capital de \$47. Cuando la relación B/C es mayor a 1, el valor de los beneficios es mayor que los costos del proyecto; por lo cual el presente proyecto es aceptable para llevarse a cabo.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los departamentos de Producción y Servicios Técnicos controlar de manera consistente la implementación y ejecución de las propuestas de mejora incluidas en el presente informe.
- Mantener una retroalimentación robusta con todo el personal operativo de la aplicación de las mejoras para que estas cumplan su objetivo satisfactoriamente, ya que la mayoría de ellas van de la mano con el compromiso y disciplina de ellos.
- Después de lograr los resultados de dichas propuestas en la celda piloto (modelo 3296), ir aplicando estas mismas en las otras líneas automáticas para lograr el objetivo principal de aumentar la capacidad efectiva a nivel de toda el área de ensamble final Trimmers.
- Hacer una contratación más para la cobertura de arranques y cierres, pero para el III turno, ya que cuando esta mejora se aplique en todas las demás líneas automáticas se va necesitar una persona que haga los *setups* al resto de los equipos en el III turno que no se trabajan y que deben iniciar producción en el I turno.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, R.; Arellano, M. y Barrios, F. (2009). *Flujograma*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Baca, G. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Flores Villalpando, R. (2014). *Administración de recursos humanos*. México, D.F.: Editorial Digital UNID. Recuperado de <http://elibro.net.uh.remotexs.xyz/es/ereader/bibliouh/41180?page=1>.

Garro, Alejandra (2017). *Mejora de la productividad en el producto válvulas cardiacas T en el área de montaje de tejido B, empresa de dispositivos médicos AGM. Alajuela, II semestre 2017*. Tesis para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana. Costa Rica.

Guillén Dinarte, M. A. (2016). *Incrementar el rendimiento del proceso productivo en la línea 18 lts. Gable Top (H5) y Federal 2 a la capacidad técnica instalada en el área de Pasteurizados de la empresa Dos Pinos Coyoil*. Tesis para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana. Costa Rica.

Lefcovich, M. L. (2009). *Gestión total de la productividad*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Heizer, J. & Render, B. (2006). *Principles of operation management* (6th ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

Niebel, B. W. & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (12a. ed.). Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Pérez, U.M.L. (2013). *Seis Sigma: Guía didáctica para pymes*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Socconini, L. V. (2019). *Lean manufacturing: Paso a paso*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

Verdoy, J. P., Mateu Mahiques, J. y Sagasta Pellicer, S. (2006). *Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones*. Castelló de la Plana, Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/ulatinacr/101985?page=1>.

Walker, S. (2009). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>

GLOSARIO

Bowl feeder: Alimentador.

Cross training: Entrenamiento cruzado.

Just in time: Justo a tiempo.

Kaizen: Término compuesto por dos vocablos del idioma japonés: **Kai** que significa cambio y **zen** que expresa algo mejor, y de este modo significa “mejoras continuas”.

Label: Etiqueta.

Shaft insert: Máquina de inserción del eje.

Shims: Calzas.

Tiers: Reuniones organizacionales utilizadas en distintos niveles de la empresa.

Track: Pista.

ANEXOS

Anexo 1

En la figura 52 se muestra el ícono del sistema interno de manufactura de donde se filtró toda la información para hacer el capítulo IV de análisis, con base en la información suministrada por dicho programa de todas las OEE (Eficiencia General de los Equipos) de las líneas automática del periodo de enero a octubre del 2019.

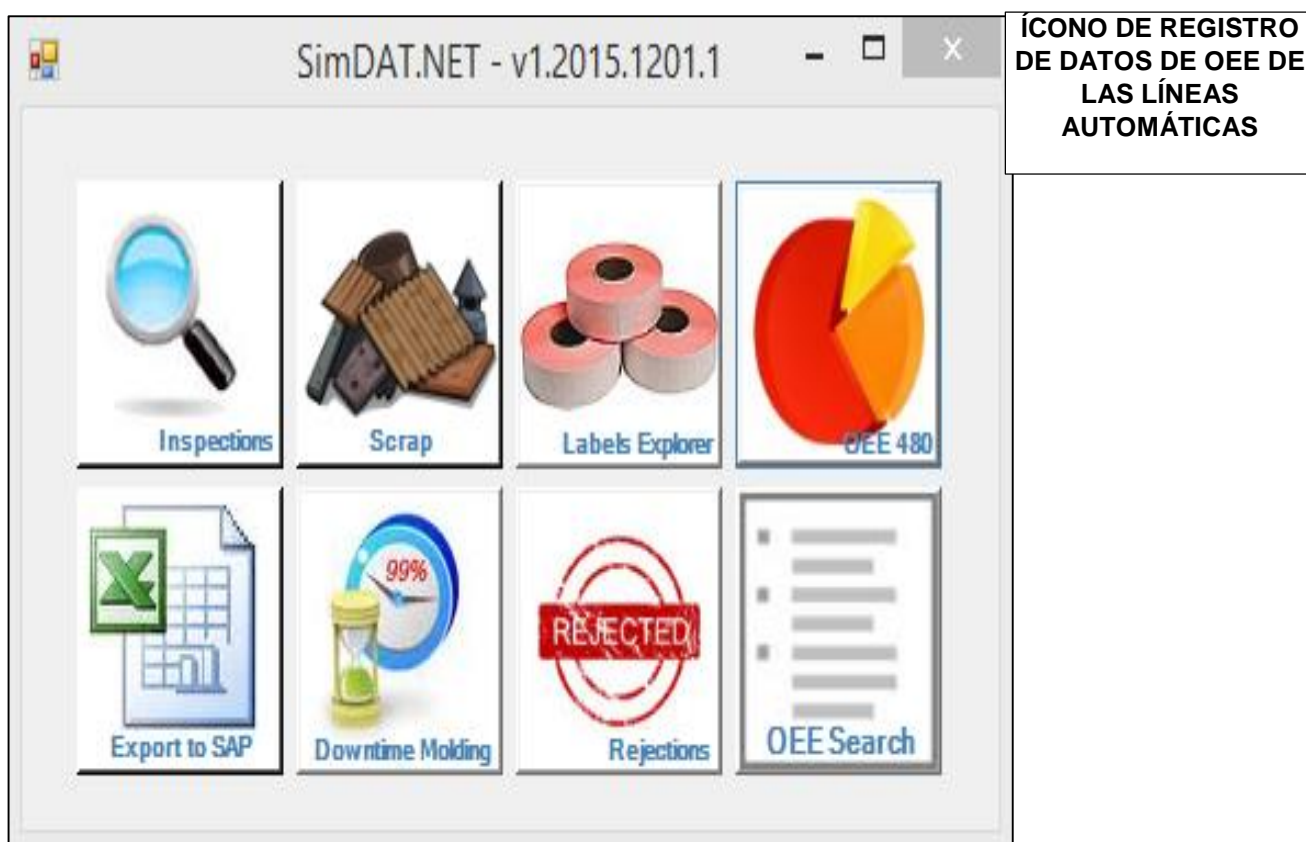


FIGURA 52

Sistema interno de información de manufactura

Fuente: Departamento de Manufactura, Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 2

En la figura 53 se encuentra el formato de la tabla dinámica que utilizo para filtrar toda la información de las OEE de las líneas automáticas abarcando el periodo de enero a octubre del 2019.

De dicha tabla se filtraron todos los tiempos de incidencias que se generaron durante el periodo en estudio, los cuales son tiempo programado, tiempo caído y tiempo perdido con sus respectivos tiempos de incidencias. Cabe mencionar que los tiempos en este sistema SIM esta en minutos, pero se les hizo conversión a horas para el análisis en el capítulo IV.

ID	Date	Shift	Area	SubArea	Machine	Modelo	Time Producti	Week	Programm	DownTime	LostTime	Year	Mes
413869	7/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62 02	M3362	480	6770	2019-02	275	0	0	2019 Enero
413870	7/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62FA 01	M3262 Fam	480	13721	2019-02	60	40	60	2019 Enero
413863	7/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 3/8	SP86 01	M3386	480	17360	2019-02	75	20	5	2019 Enero
413862	7/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 3/8	SP86 01	M3386	315	5500	2019-02	10	20	163	2019 Enero
413860	7/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 3/8	SP96 01	M3296	230	5240	2019-02	45	0	40	2019 Enero
413861	7/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 3/8	SP96 01	M3296	480	12570	2019-02	75	100	0	2019 Enero
413859	7/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 3/8	SP96 02	M3296	50	1215	2019-02	20	0	0	2019 Enero
413865	7/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #1 WX	M3224WX	115	2537	2019-02	40	0	10	2019 Enero
413864	7/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #1 WX	M3224WX	480	8650	2019-02	185	25	55	2019 Enero
413867	7/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	65	1660	2019-02	15	0	0	2019 Enero
413868	7/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	480	11561	2019-02	80	20	35	2019 Enero
413866	7/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	480	4520	2019-02	185	95	55	2019 Enero
413970	8/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62 01	M3362	480	9090	2019-02	85	45	120	2019 Enero
413969	8/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62 02	M3362	240	6910	2019-02	40	0	10	2019 Enero
413967	8/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62FA 01	M3262 Fam	110	3703	2019-02	20	0	5	2019 Enero
413966	8/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62FA 01	M3262 Fam	480	13127	2019-02	35	15	125	2019 Enero
413983	8/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 3/8	SP86 01	M3386	480	14270	2019-02	80	85	10	2019 Enero
413984	8/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 3/8	SP96 01	M3296	480	13850	2019-02	75	0	55	2019 Enero
413974	8/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 3/8	SP96 02	M3296	480	14745	2019-02	70	50	35	2019 Enero
413975	8/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 3/8	SP96 02	M3296	345	8275	2019-02	35	55	40	2019 Enero
413982	8/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 4mm	Telma #1 WX	M3224WX	395	10740	2019-02	65	25	45	2019 Enero
413980	8/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #1 WX	M3224WX	480	12280	2019-02	75	60	40	2019 Enero
413978	8/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	480	9955	2019-02	75	50	35	2019 Enero
414107	9/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 1/4	SP62 01	M3362	385	10720	2019-02	50	35	30	2019 Enero
414106	9/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62 01	M3362	480	11730	2019-02	75	24	60	2019 Enero
414104	9/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62 02	M3362	480	7030	2019-02	65	25	185	2019 Enero
414098	9/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62FA 01	M3262 Fam	200	6423	2019-02	25	15	15	2019 Enero
414097	9/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62FA 01	M3262 Fam	480	16399	2019-02	35	25	30	2019 Enero
414094	9/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 3/8	SP86 01	M3386	480	18020	2019-02	75	20	0	2019 Enero
414158	9/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 3/8	SP96 01	M3296	195	6025	2019-02	35	10	15	2019 Enero
414096	9/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 3/8	SP96 01	M3296	480	16475	2019-02	75	0	0	2019 Enero
414093	9/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 3/8	SP96 02	M3296	480	8530	2019-02	55	170	35	2019 Enero
414089	9/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #1 WX	M3224WX	480	6840	2019-02	55	10	245	2019 Enero
414090	9/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #1 WX	M3224WX	355	7950	2019-02	50	25	85	2019 Enero
414087	9/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	480	13060	2019-02	70	15	15	2019 Enero
414085	9/1/2019	II Turno 8h 2pm-10pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	480	12600	2019-02	30	35	10	2019 Enero
414082	9/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 4mm	Telma #2 GJ	M3224GJ	215	3610	2019-02	55	40	5	2019 Enero
414218	10/1/2019	III Turno 8h 10pm-6am	Ensamble f	FA 1/4	SP62 02	M3362	480	12820	2019-02	70	25	75	2019 Enero
414217	10/1/2019	I Turno 8h 6am-2pm	Ensamble f	FA 1/4	SP62 02	M3362	480	7640	2019-02	75	30	151	2019 Enero

FIGURA 53

Tabla dinámica para filtrar datos del sistema de información de manufactura

Fuente: Elaboración propia con soporte del departamento de Manufactura, Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 3

En la figura 54 se muestra los datos filtrados de la tabla pivote que fue creada de forma vinculada al sistema SIM. En esta se encuentra un resumen de las incidencias más relevantes en tiempo caído o máquina mala, y las que están marcadas de color verde son las de mayor relevancia por su cantidad en minutos.

	A	D	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
46	Tipo Incidente	DownTime									
72	Coloca Mal Rotor	3420									
73	Hsg Se Pega En Guia Detrack	1800									
74	Housing Vuelto	1620									
75	Hsg Se Pega En Guia Detrack	1260									
76	Housing Vuelto	1155									
77	Elemento Se Pega En Guia	1045									
78	Ajuste De Lubricado	995									
79	Problemas Electronicos/Sensores	994									
80	Daña Pines	885									
81	Problemas Electronicos/Secuencia Electronica	795									
82	Astilla Elemento	765									
83	Elemento Raspa Hsg	610									
84	Carga Rotor	570									
85	Desajuste En El Selector De Housing	560									
86	Pot Se Pega En Epoxy	535									
87	Mala Posicion De Lubricado	512									
88	Desnivel	450									
89	Ajuste De Altura De Aguja	445									
90	Fixture De Agujas De Anillo Desalineadas/Desaj	390									
91	No Transfiere Elemento	375									
92	Open	345									
93	Bota Elemento	275									
94	Desajuste En Posición De Agujas	270									
95	Laser No Carga Pot	265									
96	Pot Se Pega En Conveyor	250									

FIGURA 54

Datos filtrados de tabla dinámica vinculada al SIM de las incidencias más relevantes en tiempo caído

Fuente: Elaboración propia con soporte del departamento de Manufactura, Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 4

En la figura 55 se muestran los datos filtrados de la tabla pivote que fue creada de forma vinculada al sistema SIM. En esta se encuentra un resumen de las incidencias más relevantes en tiempo perdido, y las que están marcadas de color verde son las de mayor relevancia por su cantidad en minutos.

	A	J	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
44											
45											
46	Tipo Incidente	LostTime									
47	Cambios De Configuración	7020									
49	Cambio De Materiales	4320									
50	Falta de operador (Ausencia)	2460									
52	Equipo Detenido Por Falta De Material	815									
53	Insuficiencia	700									
54	Otros (describir)	435									
55	Agujas Obstruidas	350									
56	Problemas de Grumos en Epoxy / UV	310									
57	Agujas De Fixture De Anillo Obstruidas	285									
58	Reuniones No Programadas	265									
59	Falta Aire Comprimido	225									
60	Exceso De Epoxy UV o desprende UV	155									
61	Falta Fluído Electrico	130									
62	Exceso	120									
63	Alto Inventario Siguiete Operación	85									
64	Ajuste Por Material Defectuoso Ó Fuera	45									
65	Burbujas En Manguera De Epoxy De Disp	40									
66	Equipo Detenido Por Falta De Repuesto	40									
67	Problemas con la Red	40									
68	Siguiete operación detenida por maqu	35									
69	Cambio jeringa de Lubricado	15									
70	Hoyos	10									
71	Menizco	10									

← ▶ ... | DATOS BEATRIZ | pivincid | Hoja9 | Hoja8 | Datos96 | Hoja1 | **Tablas**

FIGURA 55

Datos filtrados de tabla dinámica vinculada al SIM de las incidencias más relevantes en tiempo perdido

Fuente: Elaboración propia con soporte del departamento de Manufactura, Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 5

En la figura 56 se muestran los datos filtrados de la tabla pivote que fue creada de forma vinculada al sistema SIM. En esta se encuentra un resumen de las incidencias más relevantes en tiempo programado, y las que están marcadas de color verde son las de mayor relevancia por su cantidad en minutos.

	A	B	N	O	P	Q	R
45							
46	Tipo Incidente	ProgrammedTime					
130	Tiempos De Descando Operador	18120					
131	Arranque Y Cierre De Turno	10140					
132	Mantenimientos Programados	435					
133	Reuniones Programadas	365					
134	Sin Programación	320					
135	Mantenimientos Preventivos	130					
136	Mejoras Planificadas Al Equipo	105					
137	Limpieza De Equipos	60					
138	Producción Al Día	60					
139	Entrenamiento	55					
200	Ajustes Pruebas Manufactura	50					
201	Simulacro (Recursos Humanos)	30					
202	Pruebas De Manufactura	15					
203	Tiempo de Set-up	5					
204							
205							
206							
207							
208							
209							
210							
211							
212							
213							
214							

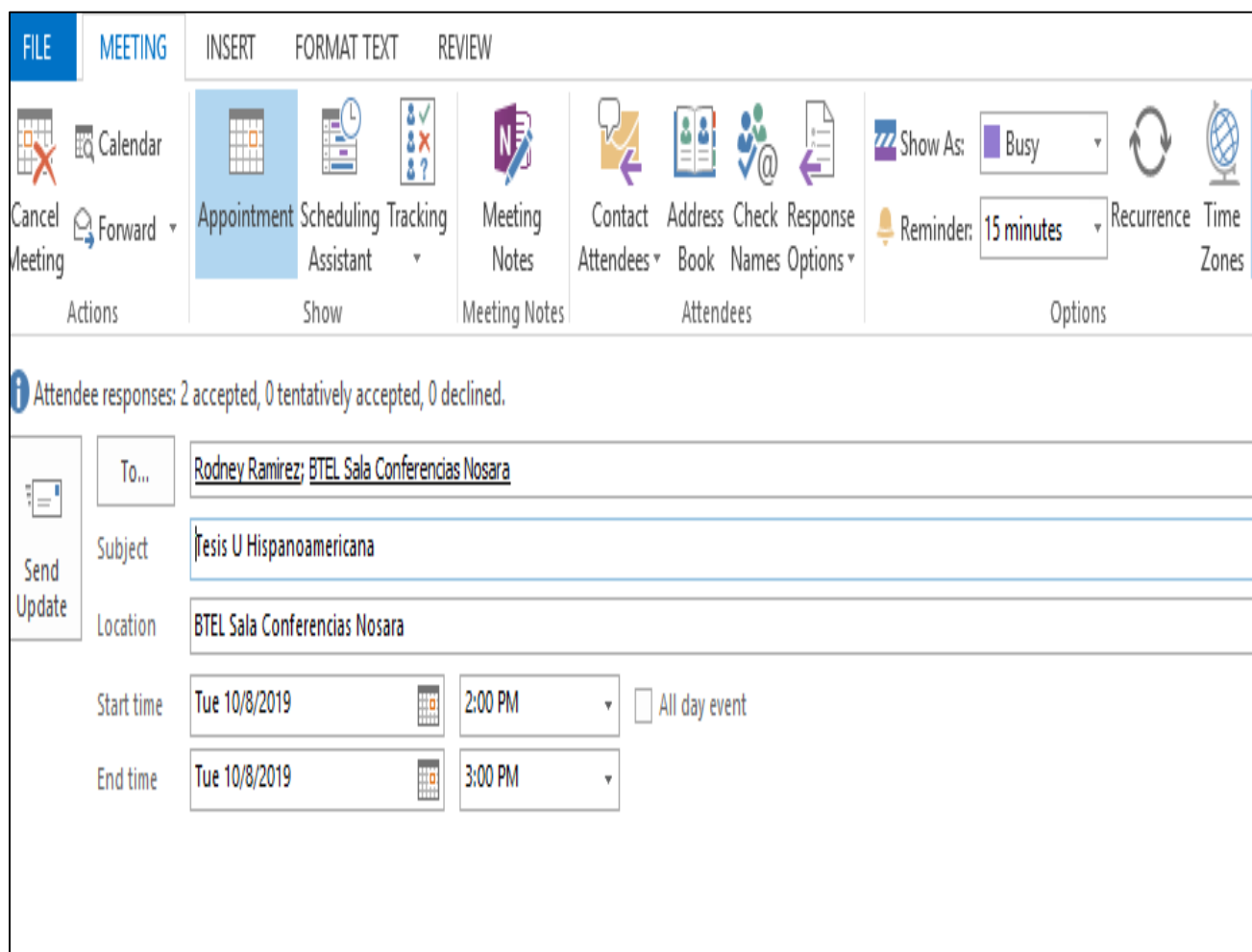
FIGURA 56

Datos filtrados de tabla dinámica vinculada al SIM de las incidencias más relevantes en tiempo programado

Fuente: Elaboración propia con soporte del departamento de Manufactura, Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 6

En la figura 57 se muestra un pantallazo de la reunión programada el día 8 de octubre para ver la estructura del capítulo I donde se abarcan los alcances, limitaciones, objetivo general y específicos del proyecto Level Up.



FILE MEETING INSERT FORMAT TEXT REVIEW

Calendar Appointment Scheduling Tracking Meeting Notes Contact Attendees Address Book Names Options Show As: Busy Reminder: 15 minutes Recurrence Time Zones

Cancel Meeting Forward

Attendee responses: 2 accepted, 0 tentatively accepted, 0 declined.

To... Rodney Ramirez; BTEL Sala Conferencias Nosara

Subject Tesis U Hispanoamericana

Location BTEL Sala Conferencias Nosara

Start time Tue 10/8/2019 2:00 PM All day event

End time Tue 10/8/2019 3:00 PM

FIGURA 57

Reunión programada con el coordinador de Producción Rodney Ramírez

Fuente: Correo interno de Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 7

En la figura 58 se muestra un pantallazo de la reunión programada el día 13 de noviembre de 2019 con el gerente de producción (Rodoy Muñoz), coordinador de producción (Rodney Ramírez), supervisora de producción (Carmen Monge), ingeniera de manufactura (Rita Cordero) y coordinador de servicios técnicos (Manuel Hidalgo), para analizar las incidencias más relevantes de tiempo perdido en las áreas automáticas y además definir cuál celda se escogería como celda piloto para la aplicación del proyecto Level Up.

FILE MEETING INSERT FORMAT TEXT REVIEW

Save & Delete Close Forward Appointment Scheduling Assistant Meeting Notes Accept Tentative Decline Propose New Respond Time Reminder: 15 minutes Recurrence Time Zones Categorize High Importance Low Importance Tags Zoom

Organizer: Rita Cordero Sent: Thu 11/7/20

Subject: Revisión y lluvia de Ideas: Tiempos caidos contra tiempos programados en Automatico para lograr Level up

Location: BTEL Sala Conferencias Nosara

Start time: Wed 11/13/2019 1:30 PM All day event

End time: Wed 11/13/2019 2:00 PM

Agenda

Revisión de los datos recolectados en los ultimos 4 meses de cada SP (tiempos impactados en el proceso) → Beatriz 5 min
 Escoger la celda a estudiar con base en los resultados → todos 5 min
 Plan piloto para monitorear celda → Todos 5 min
 Otros factores pueden ayudar a mejorar la capacidad efectiva → todos 10 min

Rita Cordero Plan de auditorias de ISO 9000 y entrenamiento de las personas

FIGURA 58

Reunión programada con los departamentos de Producción, Manufactura y Servicios Técnicos para analizar las mayores incidencias de los tiempos perdidos en el área automática y escoger la celda piloto para la aplicación del proyecto Level Up
 Fuente: Correo interno de Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 8

En la figura 59 se muestra un pantallazo de la reunión programada el día 14 de noviembre de 2019 con la ingeniera Rita Cordero, del departamento de Producción, para suministrar el acceso de documentación para el desarrollo del capítulo IV.

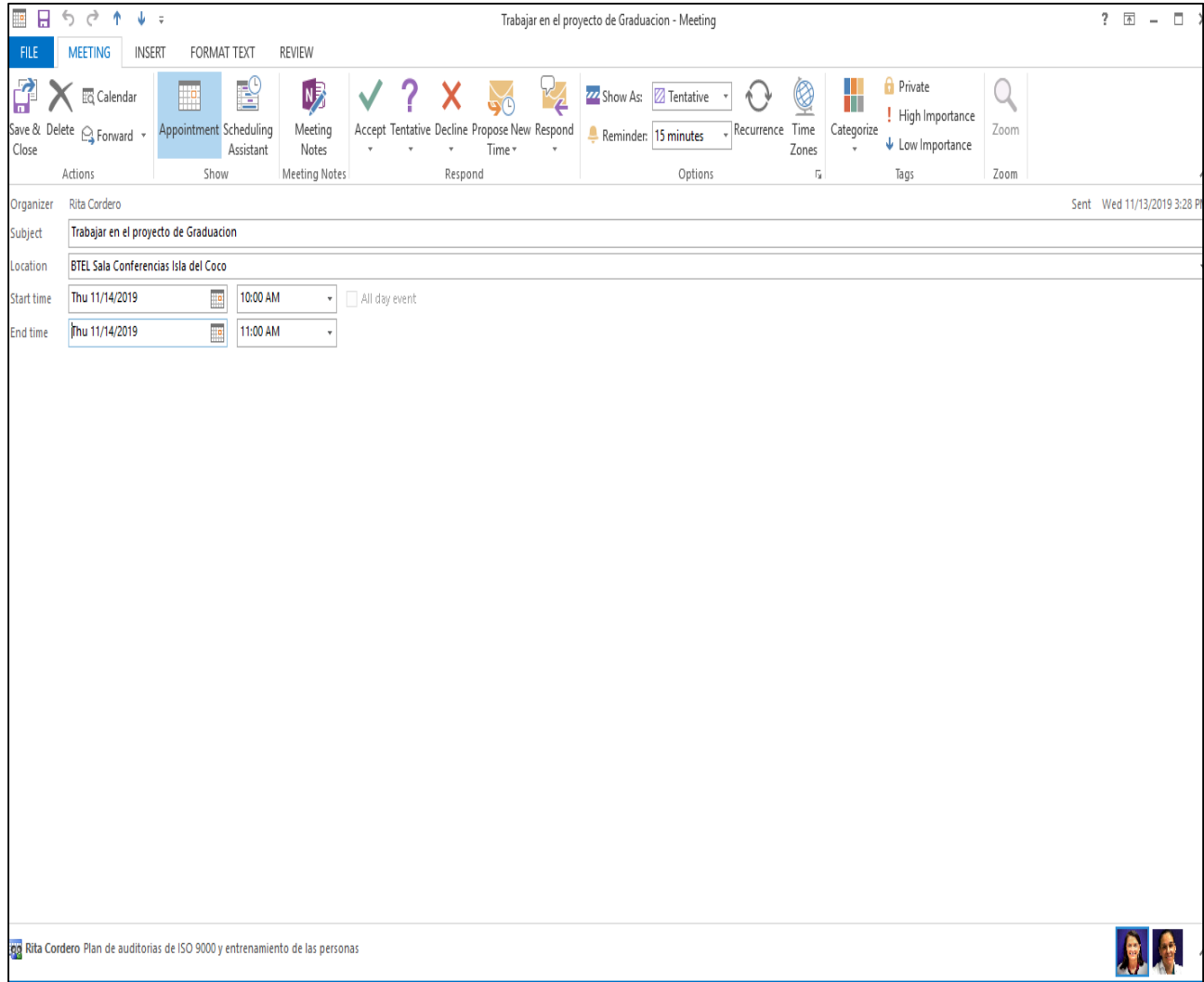


FIGURA 59

Reunión programada con la ingeniera Rita Cordero del departamento de Manufactura para suministrar información del sistema SIM

Fuente: Correo interno de Trimpot Electrónicas (2019).

Anexo 9

En la figura 60 se muestra un pantallazo de la reunión programada el día 26 de noviembre de 2019 con el coordinador de producción (Rodney Ramírez), supervisora de producción (Carmen Monge) e ingeniera de manufactura (Rita Cordero), para analizar las incidencias más relevantes de tiempo perdido según los datos filtrados por medio de sistema de información de manufactura SIM, con el fin de estructurar dichas incidencias en el diagrama de Ishikawa y poder definir las causas de mayor relevancia para hacer la ejecución de propuestas de mejora en la celda piloto (modelo 3296).

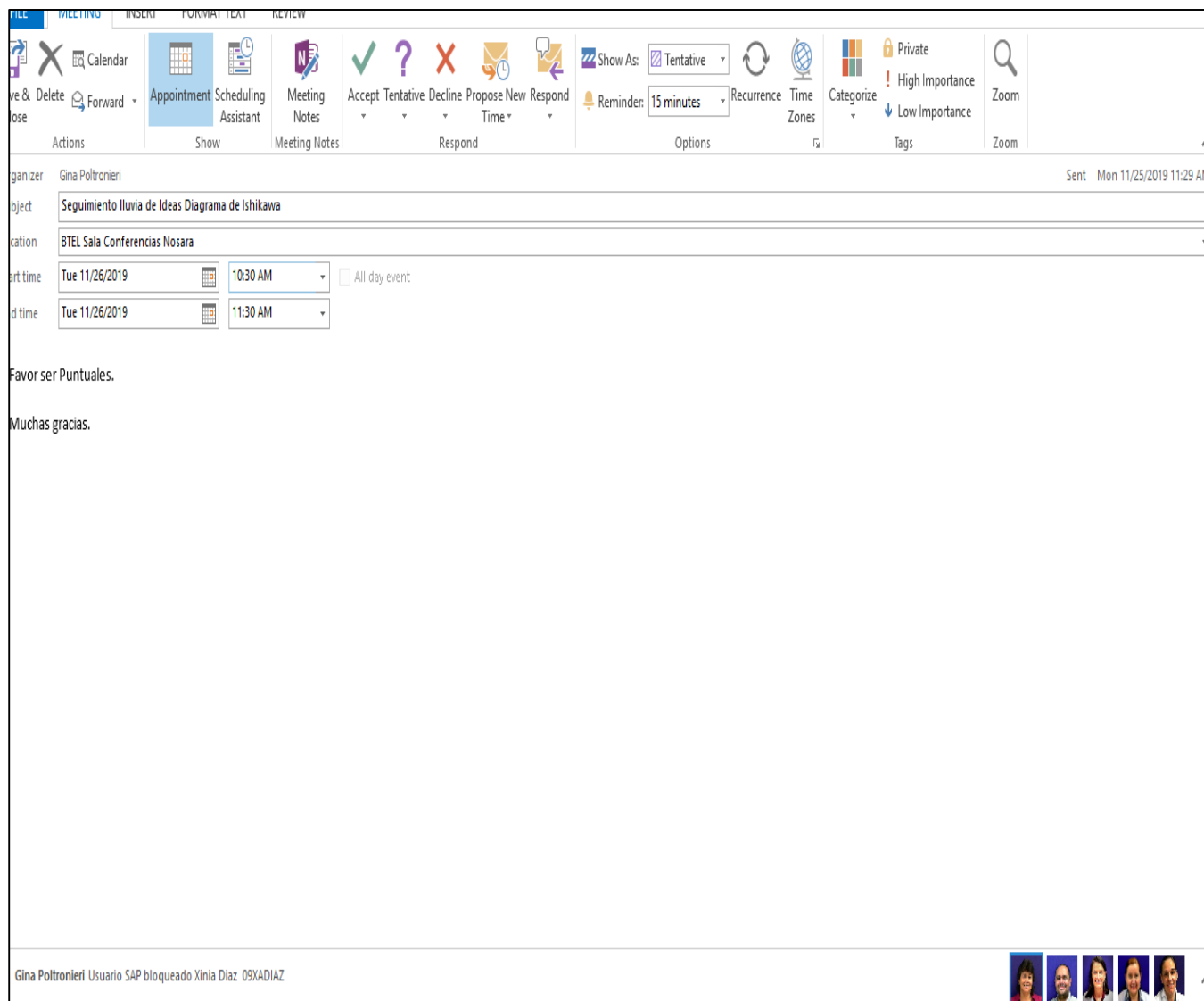


FIGURA 60

Reunión programada con departamentos de Producción y Manufactura para analizar las mayores incidencias de los tiempos perdidos en la celda piloto modelo 3296 para estructurar el diagrama Ishikawa según las 6 M

Fuente: Correo interno de Trimpot Electrónicas (2019).